

Universidad Inca Garcilaso De La Vega

Facultad de Tecnología Médica

Carrera de Terapia Física y Rehabilitación



TRATAMIENTO FISIOTERAPÉUTICO EN FRACTURAS POR ARMA DE FUEGO

Trabajo de investigación

Trabajo de Suficiencia Profesional

Para optar por el Título Profesional

ROMERO POZO, Fabiola

Asesor:

Lic. BUENDÍA GALARZA, Javier

Lima – Perú

Junio - 2018



TRATAMIENTO FISIOTERAPÉUTICO EN FRACTURAS POR ARMA DE FUEGO



The logo of the University of Inca Garcilaso de la Vega is centered in the background. It features a blue shield with a yellow border. Inside the shield, there is a blue banner at the top with the text "INCA GARCILASO" in yellow. Below the banner, there is a yellow banner with the text "UNIVERSIDAD" on the left and "DE LA VEGA" on the right. In the center of the shield, there is a yellow sun with rays, a green bird, and a yellow crown. At the bottom of the shield, the year "1964" is written in yellow.

DEDICATORIA

A mis padres, que con su amor siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo, sus consejos para hacer de mí una mejor persona y por mostrarme el camino hacia la superación.

The logo of the University of Inca Garcilaso de la Vega is a shield-shaped emblem. It features a central shield with a blue background, containing a white sunburst and a green plant. The shield is surrounded by a yellow border. The text "INCA GARCILASO" is written in blue above the shield, and "UNIVERSIDAD DE LA VEGA" is written in blue on the sides. The year "1964" is written in blue at the bottom. The entire logo is set against a light yellow background with a subtle pattern.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por su amor incondicional y su bendición que me permitió concluir mi carrera.

Agradezco de forma especial a mi asesor Lic. Javier Buendía Galarza, por su paciencia durante las asesorías, por lo cual llegue a concluir y desarrollar mi trabajo.

A los docentes de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega que compartieron sus conocimientos durante todo este proceso.

A mis compañeros de clases que durante todos los ciclos me brindaron su amistad y apoyo moral de seguir adelante en mi carrera profesional.

RESUMEN

Las lesiones por arma de fuego son traumatismos causados por violencia a mano armada con disparos destinados a propulsar uno o múltiples proyectiles en lo que el hueso, al estar sometido a numerosas fuerzas externas, llega a sobrepasar el rango de elasticidad y produce una solución de continuidad.

En fracturas abiertas en general se produce una conminución de los fragmentos óseos, contusión de las partes blandas, lo que constituye una urgencia absoluta en los servicios de traumatología por las probabilidades de infección.

Se revisó en la fisiopatología la clasificación de Gustilo, las fracturas de tipo II y III se realiza limpieza quirúrgica de la herida, más estabilización ortopédica; fijación externa; al no presentar infección se fijan definitivamente por medio de fijación interna o externa; en casos complejos se realiza la amputación.

Podemos ver que el proceso de consolidación no es único, sino que varía según el tipo de tratamiento; pudiendo ser: ortopédico (no quirúrgico) o quirúrgico. En el tratamiento ortopédico, el proceso de consolidación sigue su historia natural produciéndose un callo perióstico y otro endóstico. En cambio, en el tratamiento quirúrgico el proceso de consolidación se puede alterar ya que podemos realizar estabilización relativa o absoluta.

En los estudios revisados vemos que el tratamiento conservador, quirúrgico y fisioterapéutico son la clave para lograr el tratamiento ideal en las fracturas por arma de fuego.

Palabras claves: Hueso, fracturas abiertas, arma de fuego, clasificación de Gustilo, proceso de consolidación.

ABSTRACT

The injuries by firearm are traumatismos caused by armed violence with shots aimed at propelling one or multiple projectiles in which the bone, when subjected to numerous external forces, reaches to exceed the range of elasticity and produces a solution of continuity.

In open fractures in general there is a comminution of the bone fragments, soft tissue contusion, which constitutes an absolute urgency in the traumatology services due to the probabilities of infection.

The classification of Gustilo was reviewed in the pathophysiology, type II and III fractures, surgical cleansing of the wound was performed, plus orthopedic stabilization; external fixation; when they do not present infection, they are definitively fixed by means of internal or external fixation; in complex cases amputation is performed.

We can see that the consolidation process is not unique, but varies according to the type of treatment; It can be: orthopedic (non-surgical) or surgical. In orthopedic treatment, the consolidation process follows its natural history, producing a periosteal callus and an endosteal callus. On the other hand, in the surgical treatment the consolidation process can be altered since we can perform relative or absolute stabilization.

In the reviewed studies we see that the conservative, surgical and physiotherapeutic treatment are the key to achieve the ideal treatment in the fractures by firearm.

Keywords: Bone, open fractures, firearm, Gustilo classification, consolidation process.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	6
ABSTRACT.....	7
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: ANATOMÍA Y BIOMECÁNICA	3
1.1. Anatomía General.....	3
1.1.1. El esqueleto humano	3
1.1.2. Estructura del hueso	3
1.1.2.1. Células óseas	5
1.1.3. Estructura articular	6
1.1.3.1. Función articular	7
1.1.4. Estructura muscular.....	8
1.1.4.1. Anatomía macroscópica.....	8
1.1.4.2. Anatomía microscópica.....	9
1.1.4.3. Propiedades del músculo esquelético.....	10
1.2. Biomecánica General.....	10
1.2.1. Planos de movimiento.....	10
1.2.2. Ejes.....	11
1.2.3. Movimientos de las articulaciones.....	12
1.2.4. Fuerzas a que puede ser sometido un hueso.....	13
CAPÍTULO II: FISIOPATOLOGÍA.....	15
2.1. Fracturas.....	15
2.1.1. Clasificación según las características la fractura.....	15
2.1.2. Fases de la consolidación	15
2.1.3. Fracturas expuestas	17
2.1.3.1. Las fracturas expuestas se clasifican según el arma.....	18
2.1.3.2. Clasificación de Gustilo y Anderson.....	18
2.2. La Balística	19
2.3. Heridas por Arma de Fuego	23
2.3.1. Epidemiología	23
2.3.2. Clasificación de las armas de fuego	23
2.3.3. Elementos que integran el disparo	24
2.3.3.1. En función de la distancia del disparo.....	25
2.3.4. Morfología de las heridas por arma de fuego.....	26
2.4. Mecanismo De Lesión	27

2.5. Efecto de los proyectiles en los tejidos	27
2.5.1. Penetración de la Piel	27
2.5.2. Musculosquelético.....	28
2.5.3. Hueso	28
2.5.4. Vasos Sanguíneos	29
2.5.5. Respuesta Hemodinámica	30
2.5.6. Nervios	31
CAPÍTULO III: EVALUACIÓN FISIOTERAPÉUTICA	32
3.1. Historia Clínica	32
3.1.1. Datos de filiación.	33
3.1.2. Anamnesis	33
3.1.3. Diagnóstico Médico	34
3.1.4. Diagnóstico Fisioterapéutico.....	35
3.1.5. Motivo de Consulta.....	35
3.1.6. Enfermedad Actual.....	35
3.1.7. Valoración Física.....	36
3.1.8. Métodos y técnicas de valoración	38
3.2. Fuerza Muscular	41
3.3. Evaluación del Patrón Normal de la Marcha.....	42
3.4. Evaluación de la Sensibilidad y Propiocepción.....	43
3.5. Pruebas Complementarias	46
CAPÍTULO IV: TRATAMIENTO	49
4.1. Tratamiento Prehospitalario	49
4.2. Manejo de las Lesiones Óseas y de los Tejidos Blandos	50
4.2.1. Lesiones por proyectil de arma de fuego de baja velocidad.....	50
4.2.2. Lesiones por proyectil de arma de fuego de alta velocidad.....	51
4.3. Tres etapas en el tratamiento de fracturas.....	53
4.4. Tratamiento quirúrgico.....	54
4.4.1. Fijador externo.....	54
4.5. Tratamiento Fisioterapéutico de acuerdo a su fase	57
CONCLUSIONES	60
BIBLIOGRAFÍA	61
ANEXOS.....	65
ANEXO 1: ANATOMÍA Y BIOMECÁNICA	65
Fig. 1. Estructura del hueso.....	65

Fig.2. Función articular: 3 categorías (Sinartrosis, anfiartrosis y diartrosis).....	65
Fig.3. Estructura muscular: Anatomía macroscópica	66
Fig.4. Estructura muscular: Anatomía microscópica	66
Fig.5. Planos y ejes	67
Fig.6. Distintos tipos de fuerza a los que puede someterse un hueso	67
ANEXO 2: FISIOPATOLOGIA	68
Fig.7. Fases de la consolidación de una fractura	68
Tabla 1. Clasificación de las fracturas abiertas de tibia según Byrd.....	68
Tabla 2. Clasificación de las fracturas abierta Gustilo-Anderson	69
Fig.8. Tres fases de la balística	70
Fig.9. Propiedades balísticas de proyectiles de alta velocidad	70
Fig. 10. Diagrama de una herida causada por un proyectil calibre 45.....	71
Fig. 11. Diagrama de una herida causada por un proyectil calibre 7.62 mm.....	71
Fig. 12. Armas cortas y armas largas	72
Fig.13. Elementos que integran el disparo.....	72
Fig. 14. Distancia del disparo.....	73
Fig. 15. Heridas por proyectil de arma de fuego.....	73
Fig. 16. Orificios de entrada y salida por arma de fuego.....	74
Tabla 3. Diferencias entre orificios de entrada y salida.....	74
Fig.17. Efecto del proyectil sobre el hueso.....	75
ANEXO 3: EVALUACIÓN	76
Fig. 18. Rango de movilidad de flexión de rodilla	76
Fig.19. Evaluación del patrón normal de la marcha	76
Fig.20. Tomografía Computarizada Multidetector	77
ANEXO 4: TRATAMIENTO	78
Fig. 21. Fijador externo en la diáfisis de la tibia.....	78
Fig.22. Movilización activa asistido de pie	78
Fig.23. Movilizaciones verticales y horizontales de rótula.....	79

INTRODUCCIÓN

A medida que pasa el tiempo, las heridas por proyectil de arma de fuego constituyen a la fecha un problema de salud pública en el mundo. En los últimos 15 años las lesiones consecutivas a proyectil de arma de fuego se han incrementado en todo el mundo.(1)

La incidencia de heridas por arma de fuego ha aumentado en los últimos años; en las estadísticas mundiales se encuentra hasta medio millón de heridos por año, incluso 40.000 muertes por año por esta causa, lo que genera un alto costo socioeconómico para cada uno de los países en conflicto. (2)

Las heridas por arma de fuego son la primera causa de mortalidad entre los 15 y los 44 años en los países en conflicto y desplazan a las enfermedades cardiovasculares y los accidentes de tránsito. (2)

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud) en los países de ingresos altos, el 50% de los suicidios se producen por ahorcamiento, mientras que el 18% se produce por armas de fuego, que es el segundo método más común. La proporción relativamente elevada de suicidios por armas de fuego en los países de ingresos altos se debe principalmente a los países de ingresos altos de las Américas, en los que el 46% de todos los suicidios se cometen con armas de fuego; en otros países de ingresos altos sólo el 4,5% de los suicidios se cometen con armas de fuego. (3)

Las heridas por arma de fuego constituyen una de las lesiones más frecuentes en el medio militar, siendo la fractura del fémur la segunda más frecuente de los huesos largos asociada a heridas causadas por proyectiles penetrantes.(4)

Las heridas de abdomen, tórax y cabeza tienen alta mortalidad temprana, por ello las lesiones de las extremidades forman una gran proporción de las heridas que se presentan en los hospitales durante los periodos de conflicto. (1)

La magnitud de las lesiones que produce un proyectil de arma de fuego depende de la energía con que transmite el proyectil al blanco y ésta depende de la velocidad, el diámetro del proyectil o calibre, su forma, su estabilidad de vuelo y peso. (5)

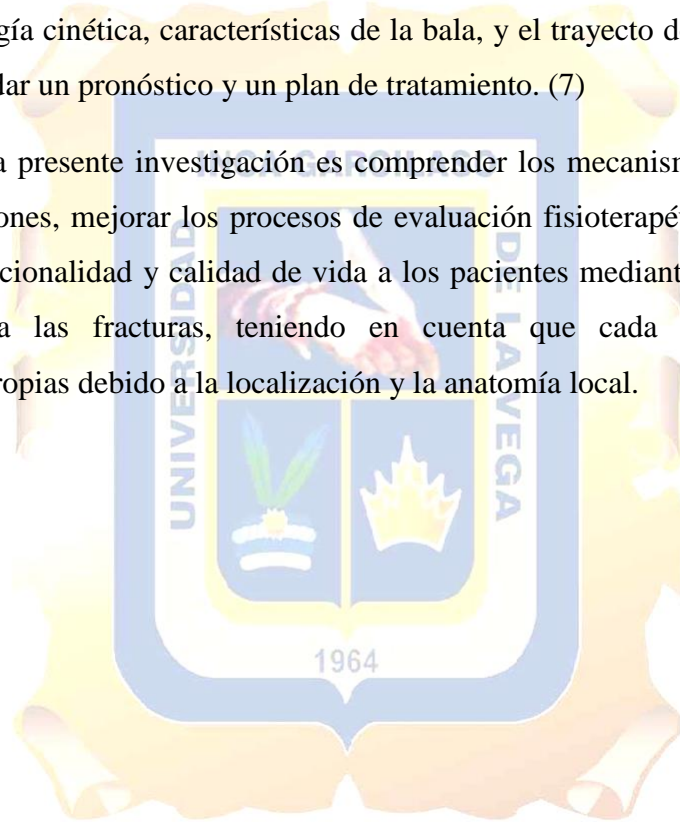
Las fracturas abiertas se caracterizan por un grado variable de lesión de partes blandas y del esqueleto. Son causadas por lesiones de proyectiles se consideran de una categoría especial que se incluye en el tipo III de la clasificación de Gustilo con independencia del tamaño de la herida.(4)

El manejo de los pacientes con herida por arma de fuego va a depender de: los síntomas que genere, localización del proyectil, y accesibilidad a este, con la consecuente decisión, si es adecuada la intervención quirúrgica o no, se vuelve complicado extraer el proyectil cuando está localizado en áreas de difícil acceso como en la base del cráneo. (6)

El tratamiento de las fracturas abiertas puede constituir un reto y, con frecuencia se necesitan múltiples procedimientos quirúrgicos para conseguir una adecuada cobertura de partes blandas y la consolidación de la fractura.(4)

Para la evaluación es de relevancia no sólo la velocidad sino también la zona de impacto, la energía cinética, características de la bala, y el trayecto de penetración para definir el daño, dar un pronóstico y un plan de tratamiento. (7)

El objetivo de la presente investigación es comprender los mecanismos implicados en este tipo de lesiones, mejorar los procesos de evaluación fisioterapéutica y así brindar una máxima funcionalidad y calidad de vida a los pacientes mediante un buen plan de tratamiento para las fracturas, teniendo en cuenta que cada paciente presenta características propias debido a la localización y la anatomía local.



CAPÍTULO I: ANATOMÍA Y BIOMECÁNICA

1.1. Anatomía General

1.1.1. El Esqueleto Humano

Los 206 huesos del esqueleto humano pueden dividirse en dos partes. El esqueleto axial forma el “eje” del cuerpo; es decir, forma el centro del cuerpo. Está formado por los huesos de la cabeza y el tronco, como el cráneo y los huesos asociados, hioides, esternón, costillas, vertebras, sacro y coxis. El esqueleto adulto típico contiene 80 huesos en la división axial. El esqueleto apendicular esta “agregado” al axial. En un adulto típico, contiene 126 huesos dispuestos en las siguientes estructuras:

- La cintura escapular incluye la clavícula y la escápula.
- El miembro superior incluye el húmero, el radio, el cúbito, los huesos del carpo, del metacarpo y las falanges.
- La cintura pélvica incluye el hueso coxal (coxa significa cadera) que en realidad consta de tres huesos fusionados (el ilion, el isquion y el pubis).
- El miembro inferior incluye el fémur, la tibia, el peroné, los huesos del tarso, del metatarso y las falanges.

Los miembros superiores e inferiores, o apéndices, son esenciales para el movimiento independiente y la interacción completa con el ambiente. (8)

1.1.2. Estructura del Hueso

Un hueso largo tiene mayor diámetro que longitud, y consta de las siguientes regiones:

1. La diáfisis, es el cuerpo del hueso (la porción cilíndrica larga y principal del hueso).
2. Las epífisis, son los extremos proximal y distal del hueso.
3. Las metáfisis, son las regiones de hueso maduro, en las que la diáfisis se une a la epífisis.

En el hueso en crecimiento, cada metáfisis contiene la placa epifisaria (placa de crecimiento), capa de cartílago hialino que permite a la diáfisis crecer en longitud.

Cuando un hueso deja de crecer longitudinalmente, entre los 18 y 21 años, el cartílago de la placa epifisaria se reemplaza por hueso; la estructura ósea remanente se conoce como línea epifisaria.

4. El cartílago articular, es una capa delgada de cartílago hialino que cubre la región de la epífisis, donde un hueso se articula con otro.

El cartílago articular reduce la fricción y absorbe los impactos en las articulaciones móviles. Puesto que carece de pericondrio y que no está irrigado, cuando se lesiona, su reparación es limitada.

5. El periostio, es la vaina de tejido conectivo denso que, junto con los vasos sanguíneos acompañantes, recubre la superficie ósea allí donde no está presente el cartílago articular. Consta de una capa fibrosa externa de tejido conectivo denso e irregular y de una capa osteogénica interna compuesta por diversas células. Algunas de estas células permiten al hueso crecer transversal pero no longitudinalmente.

El periostio también protege el hueso, participa en la consolidación de las fracturas, en la nutrición ósea y sirve como punto de inserción de ligamentos y tendones. Se encuentra unido al hueso subyacente mediante las fibras perforantes (fibras de Sharpey), gruesos haces de fibras colágenas que se extienden desde el periostio hasta la matriz extracelular del hueso (denominada matriz osteoide).

6. La cavidad medular, es un espacio cilíndrico vacío dentro de la diáfisis que, en los adultos, contiene medula ósea amarilla adiposa y numerosos vasos sanguíneos. Al reducir el porcentaje de hueso denso donde menos se lo necesita, esta cavidad minimiza el peso del hueso.

El diseño tubular de los huesos largos brinda la máxima resistencia con el menor peso.

7. El endostio, es una fina membrana que reviste la cavidad medular.

Contiene una sola capa de células formadoras de hueso y escaso tejido conectivo. (9) (ANEXO 1- Fig.1)

1.1.2.1. Células Óseas

- El tejido óseo presenta cuatro tipos celulares: células osteogénicas, osteoblastos, osteocitos y osteoclastos.
- Células osteogénicas, son células madre no especializadas que derivan del mesénquima, el tejido del que provienen todos los tejidos conectivos. Son las únicas células óseas que experimentan división celular; las células hijas se transforman en osteoblastos.

Las células osteogénicas se encuentran a lo largo del endostio, en la porción interna del periostio y en los conductos intraóseos que contienen vasos sanguíneos.

- Osteoblastos, son células formadoras de hueso que sintetizan y secretan fibras colágenas y otros componentes orgánicos necesarios para construir la matriz osteoide; además, inician la calcificación. A medida que los osteoblastos se rodean a sí mismos de matriz osteoide, van quedando atrapados en sus secreciones y se convierten en osteocitos.
- Osteocitos, estas células óseas maduras son las células principales del hueso y mantienen su metabolismo regular a través del intercambio de nutrientes y productos metabólicos con la sangre.

Al igual que los osteoblastos, los osteocitos no experimentan división celular.

- Osteoclastos, son células gigantes derivadas de la fusión de por lo menos 50 monocitos (una clase de glóbulo blanco) y se agrupan en el endostio. En su cara proximal a la superficie ósea, la membrana plasmática del osteoclasto se pliega profundamente y forma un borde indentado.

En este lugar, la célula libera poderosas enzimas lisosómicas y ácidos que digieren los componentes minerales y proteicos de la matriz osteoide subyacente.

Esta descomposición de la matriz osteoide, denominada resorción, es parte de la formación, el mantenimiento y la reparación normales del hueso. En respuesta a ciertas hormonas, los osteoclastos participan en la regulación del calcio circulante.

El hueso no es completamente sólido porque contiene pequeños espacios entre las células y los componentes de la matriz osteoide. Algunos espacios

constituyen conductos para los vasos sanguíneos que brindan nutrientes a las células óseas. Otros espacios sirven como sitios de almacenamiento de la médula ósea roja. Según el tamaño y la distribución de los espacios, las regiones de un hueso pueden clasificarse como esponjosas o compactas. Aproximadamente 80% del esqueleto está formado por hueso compacto y 20% por hueso esponjoso. (9)

1.1.3. Estructura Articular

Cuando se describen articulaciones se utilizan tres categorías estructurales principales: fibrosa, cartilaginosa y sinovial.

- **Articulaciones fibrosas:** Construyen conexiones firmes entre los huesos.
Hay una cavidad articular mínima (o espacio entre las superficies articulares) y un tejido conectivo denso-colágeno que sostiene los huesos estrechamente unidos. En estas articulaciones sólo es posible un escaso o nulo movimiento; por lo tanto, son el tipo más estable. Existen tres tipos de articulaciones fibrosas:
 - ✓ **Suturas:** son conexiones periósticas continuas entre los huesos, como entre los huesos del cráneo.
 - ✓ **Sindesmosis:** son articulaciones fibrosas que se mantienen unidas por un cordón(ligamento) o lamina (membrana interósea) de tejido conectivo. La conexión entre la tibia y el peroné en la pierna es una sindesmosis.
 - ✓ **Gonfosis:** son articulaciones fibrosas específicas en las que los dientes encajan en sus alveolos en el maxilar.
- **Articulaciones cartilaginosas:** tienen un poco más de movimiento que las articulaciones fibrosas. Aquí, el cartílago separa las superficies articulares de huesos adyacentes. El cartílago aumenta la flexibilidad de la articulación, que permite un leve movimiento.
Este tipo de articulación existe entre los cuerpos de las vértebras, y permite que la columna vertebral absorba cargas al caminar, correr, saltar y levantarse. En las uniones costovertebrales (donde las costillas encuentran al esternón), las articulaciones cartilaginosas permiten que la caja torácica se expanda y se contraiga al respirar.

Estas articulaciones también se encuentran en la sínfisis del pubis (sitio en el que se encuentran los dos huesos púbicos, en el frente de la cintura pélvica). Al caminar o al correr, en especial sobre superficies irregulares, esta leve capacidad para el movimiento permite que la cintura pélvica actúe como un sistema de suspensión.

- Articulaciones sinoviales: son las más móviles de todas las articulaciones. Se llaman así por su estructura distintiva, que se asemeja a un huevo.

1.1.3.1 Función Articular

Ahora que hemos identificado los diferentes tipos de articulaciones, es momento de describir sus funciones exclusivas, que pueden resumirse en tres categorías:

- Las articulaciones sinartrósicas tienen escaso o ningún movimiento.
- Las articulaciones anfiartrósicas tienen muy poco movimiento.
- Las articulaciones diartrósicas son las que tienen la mayor movilidad.
- Articulaciones sinartrósicas:
Las articulaciones sinartrósicas(sinartrosis) tienen superficies articulares que están unidas muy estrechamente. Esto limita su movilidad. Algunas articulaciones fibrosas son sinartrósicas, como lo es otro tipo de articulación denominada sinostosis (conexión ósea entre huesos). Un ejemplo de sinostosis es la conexión entre el ilion, el isquion y el pubis de la cintura pélvica.
- Articulaciones anfiartrósicas:
En las articulaciones anfiartrósicas(anfiartrosis) las superficies articulares están más separadas y tienen una estructura flexible entre ellas o a su alrededor. Esto permite mayor movilidad en las articulaciones anfiartrósicas. La estructura flexible puede ser en la forma de ligamentos (sindesmosis) o de fibrocartílago (sínfisis).
Las articulaciones anfiartrósicas se encuentran entre la tibia y el peroné de la pierna y en la cintura pélvica anterior.

- Articulaciones diartrosis:

Las articulaciones diartrosis se mueven libremente porque sus superficies articulares son las que tienen la máxima separación (dis-significa separada).

Esta separación permite la movilidad máxima de todos los tipos articulares. Las articulaciones sinoviales tienden a ser diartrosis. Sus cavidades articulares, junto con otras características anatómicas descritas en breve, crean una articulación muy móvil. Cuando se examinan juntas las estructuras y las funciones de las articulaciones, se comprende más claramente cómo la estructura anatómica de la articulación influye en el movimiento articular. (8) (ANEXO 1- Fig.2)

1.1.4. Estructura Muscular

1.1.4.1. Anatomía Macroscópica

Las cubiertas de tejido conectivo brindan sostén, protegen y separan porciones de músculo y músculos completos. Las células musculares individuales, denominadas fibras, están envueltas en una lámina de tejido conectivo denominada endomisio. Muchas fibras musculares se agrupan en haces llamados fascículos, que se mantienen juntos y están rodeados por una capa de tejido conectivo denominado perimisio.

Por último, estos “haces de haces” están recubiertos por el epimisio, parte de la red de la fascia profunda. Todas estas capas de tejido conectivo actúan juntas para ayudar a transmitir fuerza mientras protegen a las fibras musculares del daño durante la contracción muscular.

El epimisio que rodea a un músculo entero converge para formar un tendón que conecta el músculo al hueso. La unión musculotendinosa describe el punto en el cual comienza esta convergencia del tejido conectivo. La porción del músculo entre tendones se denomina vientre del músculo. Los vasos sanguíneos de mayor calibre y los nervios están encerrados dentro del epimisio, y los capilares y las terminaciones de las fibras nerviosas están envueltas dentro del endomisio, donde interactúan con fibras musculares individuales. (ANEXO 1- Fig.3)

1.1.4.2. Anatomía Microscópica

La fibra entera está rodeada por el sarcolema, que actúa como la membrana celular y regula el transporte de sustancias químicas hacia el interior y el exterior de la fibra. Alrededor de las estructuras dentro de la fibra, está una sustancia gelatinosa denominada sarcoplasma, el citoplasma de las células musculares. Importantes estructuras dentro de la fibra muscular son los núcleos y las miofibrillas.

La mayoría de las células en el cuerpo humano tiene un núcleo único, pero las fibras musculares tienen varios núcleos que contienen la información funcional para la célula y controlan sus funcionamientos. Las miofibrillas son las proteínas contráctiles especializadas que determinan que el tejido muscular esquelético aparezca como estriado. Las rayas de las miofibrillas reflejan sus dos tipos de filamentos: los filamentos delgados aparecen solos en la banda I más clara.

La banda A, más oscura, está en el sitio donde se superponen los filamentos gruesos (en rojo) y delgados.

Las bandas I más claras están interrumpidas por una línea en zigzag denominada línea Z. Esta línea marca los bordes de las unidades funcionales de la fibra muscular, denominados sarcómeros; es decir, un sarcómero incluye estructuras desde una línea Z a la siguiente. Como explicaremos con mayor detalle, los sarcómeros se consideran las unidades funcionales de las fibras musculares porque es el acortamiento de los sarcómeros que produce la contracción muscular.

Otras estructuras funcionales contenidas dentro del sarcolema son las mitocondrias que producen adenosina trifosfato (ATP), un compuesto que almacena la energía necesaria para la contracción muscular. También hay una red de túbulos: estos túbulos transversales discurren en ángulos rectos a los sarcómeros y transmiten impulsos nerviosos desde el sarcolema hacia interior de la célula. El retículo sarcoplásmico es una red de cámaras llenas de líquidos que recubre cada miofibrilla como una funda de encaje. Sus canales almacenan iones de calcio, una forma del mineral calcio cargada eléctricamente que, ayuda a desencadenar las contracciones musculares. (8) (ANEXO 1- Fig.4)

1.1.4.3. Propiedades Del Musculo Esquelético

- Extensibilidad: capacidad de estirarse sin dañar el tejido.
- Elasticidad: capacidad de regresar a la forma original después de estirarse o acortarse.
- Excitabilidad: capacidad de responder a un estímulo mediante la producción de señales eléctricas.
- Conductividad: capacidad de propagar una señal eléctrica.
- Contractilidad: capacidad de acortarse y engrosarse en respuesta a un estímulo.

1.2. Biomecánica General

1.2.1. Planos De Movimiento

El cuerpo humano se mueve de maneras complejas, lo que puede hacer más difícil su descripción. Los movimientos se producen en las articulaciones del cuerpo en una de tres direcciones generales: de adelante hacia atrás, de lado a lado o mediante rotación.

- El primer plano, que divide el cuerpo verticalmente en mitades derecha e izquierda, se denomina plano sagital. Los movimientos de adelante hacia atrás se producen paralelos a este plano imaginario. El balanceo de las piernas y los brazos hacia atrás y hacia adelante al caminar es un ejemplo de movimiento sagital.
- El segundo plano divide el cuerpo en las mitades anterior y posterior. Se denomina plano frontal (o coronal). Los movimientos de lado a lado se producen paralelos a este plano imaginario. Los movimientos de los brazos y los de las piernas al saltar son ejemplos de movimientos frontales.
- El tercer plano divide el cuerpo en las regiones superior e inferior. Se lo denomina plano transversal (o axial). Los movimientos rotacionales o de giro son paralelos a este plano imaginario. Girar su pierna hacia afuera o su cabeza para mirar por encima de su hombro son ejemplos de movimientos transversales. (8) (ANEXO 1-Fig 5)

1.2.2. Ejes

Cada uno de los tres tipos de movimientos, sagital (de adelante hacia atrás), frontal (de lado a lado) y transversal (rotacional), debe producirse alrededor de un eje (un punto de pivote). Observe una rueda cuando gira sobre su centro. El centro es el eje en el que gira la rueda. Cada uno de los tres planos de movimiento tiene un eje correspondiente en torno del cual se produce el movimiento. Este eje es siempre perpendicular (en ángulo recto) al plano correspondiente. La comprensión de estos ejes imaginarios, junto con los planos, nos ayuda a comunicar con precisión el movimiento. Por ejemplo:

- Los movimientos de adelante hacia atrás que se producen en el plano sagital giran alrededor del eje frontal. Esto significa que movimientos como mover los brazos al caminar (de adelante hacia atrás) se producen en el plano sagital y giran en torno de una línea imaginaria que pasa por el hombro de derecha a izquierda. Esto también es válido cuando uno inclina hacia adelante la cintura. El cuerpo se está moviendo en el plano sagital (de adelante hacia atrás) alrededor de un eje frontal (que corta en ángulo recto de lado a lado) que pasa por la pelvis.
- Los movimientos de lado a lado que se producen en el plano frontal giran alrededor del eje sagital. Esto significa que los movimientos de la pierna y el brazo durante el salto se producen en el plano frontal y giran alrededor de líneas imaginarias que van a través de las caderas y los hombros, de adelante hacia atrás. Esto también es válido cuando se inclina la cabeza hacia un lado. Este movimiento se produce en el plano frontal (de lado a lado), alrededor de un eje sagital (que corta en ángulo recto de adelante hacia atrás) que pasa por las vértebras cervicales del cuello.
- Por último, los movimientos de rotación que se producen en el plano transversal giran alrededor del eje longitudinal. Por ejemplo, el movimiento de volver su cabeza para mirar por encima del hombro se produce en el plano transversal en torno de una línea imaginaria que transcurre de arriba hacia abajo a través de la columna vertebral. Del mismo modo, cuando usted gira su hombro para lanzar un disco volador, el brazo gira sobre el plano transversal (rotación), alrededor de un eje longitudinal a través del hombro (que corta en ángulo recto de arriba hacia abajo). (8)

1.2.3. Movimientos de las Articulaciones

Los movimientos que se realizan en el plano sagital alrededor del eje frontal se denomina flexión y extensión.

- La flexión describe el movimiento en el plano sagital que reduce el ángulo entre los huesos que se articulan, o sea, los huesos que contactan entre sí para formar una articulación.
- La extensión describe el movimiento que aumenta en el plano sagital el ángulo entre los huesos que se articulan.

Los movimientos que se producen en el plano frontal alrededor de un eje sagital se denominan abducción y aducción.

- La abducción se produce cuando una extremidad o parte de una extremidad (mano, pie) se aleja del centro o línea media del cuerpo.
- La aducción se produce cuando una extremidad o parte de una extremidad se mueve hacia la línea media del cuerpo.

Recuerde, la posición anatómica es siempre el punto de partida para describir la posición relativa o el movimiento. Por lo tanto, la abducción de la mano describe el doblado de la muñeca hacia el pulgar y la aducción describe el doblado de la muñeca hacia el dedo meñique.

Por último, los movimientos que se producen en el plano transversal alrededor del eje longitudinal simplemente se llaman rotación.

- Los movimientos de rotación en el tronco se diferencian como rotación derecha y rotación izquierda, mientras que estos mismos movimientos en las extremidades se denominan rotación interna y rotación externa.
- La rotación interna describe movimientos de giro hacia la línea media y la rotación externa describe movimientos de giro que se alejan de la línea media del cuerpo. Estos movimientos también se denominan como rotación medial (interna) y lateral (externa).

Hay movimientos especiales en diferentes sitios del cuerpo humano, como la escápula, el hombro, el antebrazo, la muñeca, la cadera, el tobillo y el pie. (8)

1.2.4. Fuerzas a que puede ser sometido un hueso.

Un hueso puede ser sometido a fuerzas de compresión, de tracción, de cizallamiento, de flexión y de torsión.

Aunque se comentaran de forma separada, debe recordarse que en el ser vivo, durante la actividad diaria el hueso está sometido constantemente a todas ellas de forma simultánea.

➤ Fuerzas de compresión

Dos fuerzas iguales y opuestas se aplican sobre la superficie del hueso. Como consecuencia, éste tiende a acortarse y ensancharse.

Las fuerzas máximas tienen lugar en un plano perpendicular al de la línea de carga. En la práctica clínica, un ejemplo característico de fractura por este mecanismo son los aplastamientos vertebrales.

➤ Fuerzas de tracción

En este caso, dos fuerzas iguales se aplican en sentido contrario sobre el hueso. Como resultado el hueso tiene tendencia a alargarse y a hacerse más estrecho. Al igual que en el caso anterior las fuerzas máximas tienen lugar en un plano perpendicular a la línea de carga.

Un ejemplo de fractura por este mecanismo es el arrancamiento de la estiloides del quinto metatarsiano, por tracción del tendón del peroneo lateral corto.

➤ Fuerzas de cizallamiento

La fuerza se aplica perpendicular a la superficie del hueso y las fuerzas máximas tienen lugar en un plano paralelo a la dirección de aplicación de la fuerza. El hueso cortical soporta mejor la compresión que la tracción, y la tracción mejor que el cizallamiento.

Un ejemplo de este tipo de fractura es la intercondílea del fémur.

➤ Fuerzas de flexión

Las fuerzas aplicadas sobre el hueso hacen que éste se doble sobre su eje mayor, y aparecen en el interior del hueso fuerzas de compresión en el lado de aplicación de la fuerza y fuerzas de tracción en el lado opuesto.

Estas fuerzas son mayores cuanto más alejadas están del eje neutro del hueso. Ejemplo de este tipo de fractura serían las del antebrazo al caer y poner la mano en el suelo.

➤ Fuerza de torsión

En este caso, la fuerza aplicada sobre el hueso tiende a hacerlo rotar alrededor de su eje.

Aparecen fuerzas de cizallamiento que se distribuyen a lo largo de toda la estructura, siendo más intensas, cuanto más alejadas están del eje neutro del hueso.

Ejemplo de este tipo de fuerzas sobre el hueso es la fractura espiroidea de tibia, que se produce cuando se esquía al caer rotando sobre el pie fijo anclado por el esquí. (10) (ANEXO 1-Fig 6)



CAPÍTULO II: FISIOPATOLOGÍA

2.1. Fracturas

Se entiende por fractura a la solución de continuidad del tejido óseo, espontáneamente o como consecuencia de un traumatismo.

2.1.1. Clasificación según las características la fractura:

- ✓ Según la localización: intra-articular, epifisiaria, metafisiaria y diafisiaria.
- ✓ Según su configuración: transversa, oblicua y espiral.
- ✓ Número de fragmentos: uno, dos y minutas (> 2 fragmentos).
- ✓ Según la exposición ósea:
 - Fractura abierta o compuesta: es la que cursa con la existencia de una herida en la piel que cubre la fractura.
 - Fractura cerrada o simple: la piel de la zona de la fractura está intacta.
- ✓ Desplazada o no: aquí se describe la dirección que toma el fragmento distal, que puede ser interno o externa, posterior o anterior.
- ✓ Según la extensión: completa o incompleta, según afecte o no a todo el espesor del hueso.

Fisura es toda aquella fractura incompleta sin desplazamiento de fragmentos. (11)

2.1.2. Fases de la Consolidación

La consolidación de las fracturas divide este proceso en cinco fases que, si bien desde el punto de vista académico están claramente diferenciadas, en la realidad, se producen de manera solapada. La consolidación se origina tanto a partir del periostio como de la cortical y del endostio, y de los tejidos adyacentes al foco de fractura.

Dependiendo del tipo de fractura, de su localización y de su forma de tratamiento, la participación de estos de elementos varía.

Se divide la formación del callo en:

1. Fase inflamatoria o de hematoma,
2. angiogénesis y formación de cartílago,
3. calcificación del callo,
4. fase de osificación del callo y, finalmente,

5. remodelación ósea.

La función del hematoma es ser la fuente de moléculas que tengan la capacidad de iniciar la cascada celular de la consolidación. Las células inflamatorias segregan citosinas, como IL-1 e IL-6. Las plaquetas son la fuente de TGF Y PDGF que son importantes para regular la proliferación celular en el callo. Algunas de estas citosinas o moléculas marcadoras participan en procesos como quimiotaxis, angiogénesis o provocan otras respuestas celulares.

Entre el séptimo y décimo día después de la fractura, el periostio inicia la formación de hueso intramembranoso, produciéndose evidencias histológicas de formación de hueso trabecular en su lado cortical, a pocos milímetros de la misma.

A la vez, se inicia la formación del callo adyacente a la zona de fractura, a partir del periostio y de las partes blandas, por reclutamiento de fibroblastos que se convierten en osteoblastos, tomando el aspecto de tejido cartilaginoso; de ahí que se observe mayor callo en las zonas con más tejido conectivo.

A partir de la segunda semana, abundante fibrocartílago rodea a la fractura que se prepara para la calcificación. En este momento, el callo puede dividirse en dos tipos: callo duro, en el que hay osificación intramembranosa, y callo blando, en el que se produce osificación endondral. La osificación del callo ocurre por un mecanismo similar al de la osificación en la placa de crecimiento.

A los nueve días se detecta una abundancia de condrocitos proliferativos que sufren mitosis y división celular. A los quince días cesa la proliferación y se observa la presencia mayoritaria de condrocitos hipertróficos, con vesículas en su interior, que acaban migrando al exterior de sus citoplasmas, donde su contenido actúa regulando la calcificación.

Los estudios histoquímicos demuestran que el contenido de estas vesículas es rico en calcio y en enzimas proteolíticas necesarias para la degradación de la matriz, que es el paso previo a la calcificación. A los tres días de observarse un pico de actividad en este proceso, se determina otro pico de actividad de la fosfatasa alcalina, coincidiendo con la degradación de los proteoglucanos del cartílago, paso previo a la calcificación.

Una vez calcificado el cartílago, el tejido resultante es objeto de invasión vascular. Los vasos penetran en el cartílago calcificado, aportando pericitos como células progenitoras de osteoblastos e iniciándose un proceso de recambio del hueso neoformado por hueso esponjoso, como ocurre en el cartílago de crecimiento, y dando paso a la formación de esponjosa secundaria.

La formación intramembranosa en el periostio parece detenerse a las dos semanas de la fractura. A la vez que se forma abundante hueso endocranal en el foco, el periostio forma hueso intramembranoso en la periferia de la fractura. Este hueso será remodelado para formar laminillas mecánicamente competentes.

Finalmente, y durante un largo período de tiempo, el callo se remodela progresivamente por *creeping substitution*, reduciéndose en tamaño, y devolviendo al hueso su aspecto original por la desaparición del hueso perióstico y la reparación de las corticales. Este proceso está regido por la ley de Wolf, y por tanto, sometido a influencias mecánicas, devolviéndole su forma y características mecánicas originales. (12) (ANEXO 2- Fig.7)

2.1.3. Fracturas Expuestas

Son aquellas en que se produce una solución de continuidad de la piel y de los tejidos blandos subyacentes dejando el hueso en contacto con el medioambiente. Por lo tanto, son urgencias traumatológicas graves que requieren tratamiento quirúrgico. Corresponden al 30% de todas las fracturas. Pueden ser causadas por traumas directos generalmente de alta energía, el trauma rompe la piel, de afuera hacia adentro produciendo una gran contaminación, o indirecto, menor energía, la espícula ósea rompe la piel de adentro hacia afuera.

El 90% son producto de accidentes de tránsito y un 5% se provocan en prácticas deportivas. Se debe considerar que en pacientes politraumatizados, hasta 30% de ellos presentan al menos una fractura expuesta. La exposición ósea al ambiente asociada al compromiso de partes blandas, determinan un alto riesgo de infección. (13) (ANEXO 2- Tabla 1)

2.1.3.1. Las fracturas expuestas se clasifican según el arma:

- Revólver y pistola: fracturas expuestas grado I: proyectiles, perdigones, esquirlas.
- Armas de rango intermedio “Magnum”357 y 44: fracturas expuesta grado II.
- Rifles de alta velocidad y escopetas a corta distancia, armas de fragmentación: fracturas expuestas grado III y amputaciones.

2.1.3.2. Clasificación de Gustilo y Anderson

Toma en cuenta el mecanismo de lesión, energía, magnitud del daño en partes blandas, tipo de lesión ósea y el grado de contaminación. Se necesita analizar varios criterios para lograr una adecuada clasificación, incluso se debe repetir después del aseo quirúrgico para poder llamarla definitiva. (13) (ANEXO 2- Tabla 2)

Las fracturas causadas por lesiones de proyectiles se consideran de una categoría especial que se incluye en el tipo III de la clasificación de Gustilo con independencia del tamaño de la herida. (4)

Las fracturas del tipo III c no están incluidas en la tabla. La cantidad de hueso perdido cuando se indica es >2cm y 50% de la circunferencia (Court-Brown et al, 1990,1991). (14)

Tiempo transcurrido hasta la consolidación en distintos tipos y subtipos de la clasificación de Gustilo.

TIPO DE GUSTILO	TIEMPO TRANSCURRIDO HASTA LA CONSOLIDACIÓN (EN SEMANAS)
I	14,7
II	23,5
III a	27,2
III b (sin pérdida ósea)	38,0
III b (con pérdida ósea)	74,0

2.2. La Balística

La balística es la ciencia que estudia el movimiento de un proyectil de arma de fuego durante su viaje a través del cañón del arma, durante su trayectoria en el aire y, finalmente, en los movimientos que siguen después de que ha alcanzado su objetivo. (15)

El movimiento de un proyectil desde el momento del disparo hasta su impacto en el blanco se divide en tres fases distintas:

- Balística interior: estudia el movimiento del proyectil mientras se encuentra dentro del cañón.
- Balística exterior: considera el movimiento del proyectil desde el momento en que abandona el cañón hasta que alcanza el blanco.
- Balística terminal: analiza el efecto del proyectil sobre el blanco. Los tres aspectos de la balística son importantes desde la perspectiva médica; sin embargo, la balística terminal reviste una primordial importancia para términos de nuestro estudio. (16) (ANEXO 2- Fig.8)

La balística divide arbitrariamente a los proyectiles de arma de fuego en dos grandes categorías:

1. Proyectiles de baja velocidad, que viajan a una velocidad menor de 2000 pies/seg (menos de 610 m/seg).
2. Proyectiles de alta velocidad, que viajan a una velocidad mayor de 2000 pies/seg (más de 610 m/seg). (ANEXO 2-Fig. 9)

Esta clasificación es fundamental para entender las heridas y el poder destructivo de los proyectiles.

Un proyectil de baja velocidad generalmente produce un orificio de entrada y de salida de diámetro no mayor que el proyectil; el trayecto en el tejido es mínimo, así como el de la cavidad permanente. (ANEXO 2- Fig.10)

En el caso de un proyectil de alta velocidad, el orificio de entrada generalmente es semejante al diámetro del proyectil, pero el de salida puede variar y ser del mismo tamaño o de varios diámetros del proyectil;

dependiendo del tipo de proyectil y el tejido lesionado, puede no existir orificio de salida o encontrarse con una herida de salida enorme. (ANEXO 2-Fig.11)

El trayecto de un proyectil de alta velocidad a través del tejido encontrado va deformado y en desaceleración, generalmente queda rodeado de una zona de tejido destruido muchas veces mayor que el diámetro del trayecto, lo que es causado por una intensa y momentánea compresión y el subsiguiente estiramiento del tejido circundante, que va de 10 a 30 veces sus dimensiones normales.

Para poder entender la forma y extensión del daño tisular en una herida por proyectil de arma de fuego es necesario conocer dos principios fundamentales: el primero son los factores que determinan la disipación de la energía cinética del proyectil en los tejidos y el segundo se refiere al fenómeno de la cavitación en la herida. (15)

1. Disipación de la Energía Cinética

La extensión y el grado de daño en las heridas por proyectil de arma de fuego son directamente proporcionales a la cantidad de energía cinética que el proyectil disipa en la herida.

Un proyectil de baja velocidad, que por lo general gira en su eje longitudinal paralelo a su trayectoria, puede pasar en una forma relativamente limpia a través del tejido, y a su salida retiene la mayor parte de su energía cinética.

Por otro lado, un proyectil de alta velocidad del mismo calibre probablemente impacte de tal forma que su eje longitudinal se encuentre en cierto ángulo con respecto a su trayectoria, lo cual, unido a la gran velocidad, hará que se deforme y hasta se desintegre en el tejido.

Cuanta mayor resistencia presente el tejido a este proyectil deformado, inclinado y fragmentado, mayor será la degradación de una gran cantidad de energía cinética, y mayor será el daño tisular.

La energía cinética de un proyectil es directamente proporcional a la masa del proyectil multiplicada por la velocidad al cuadrado:

$$E = \frac{MV^2}{2}$$

Un proyectil que viaje en forma estable en el aire, al pasar a una velocidad elevada del aire hacia los tejidos que son 1000 veces más densos, tenderá a ser totalmente inestable girando en su eje longitudinal, rotando y fragmentándose, disipando su energía cinética con gran intensidad.

He ahí por qué los modernos proyectiles de alta velocidad violan los principios de los Convenios de Ginebra.

Por lo tanto, el daño causado en el tejido debido a la herida por un proyectil de arma de fuego es más dependiente de la velocidad del proyectil que de su masa. A medida que los fabricantes de armas y proyectiles han buscado mayor velocidad y proyectiles más pequeños con el fin, por un lado, de producir una trayectoria más recta y con mayor precisión y, por el otro, de facilitar el transporte de armas y municiones, han logrado aumentar la destrucción de los tejidos en una forma exponencial con armas y municiones de tamaño y peso comparables.

Por otro lado, todos los proyectiles disparados por rifles viajan a una velocidad de entrada de más de 1000 pies/seg, por lo que la energía cinética en el momento de la entrada es considerablemente mayor. (15)

2. Cavitación

El fenómeno de la cavitación en la herida fue reconocido desde 1898 por Woodruff, y se refiere a una aceleración del tejido que se separa en una dirección posterior y lateral al trayecto del proyectil.

Esta aceleración genera una cavidad transitoria que se llena de vapor de agua alrededor del proyectil y el tracto que genera. Esta cavidad puede tener un tamaño varias veces mayor que el diámetro del proyectil.

Los proyectiles de baja velocidad desplazan a los tejidos hacia un lado y prácticamente no producen cavidad. Cuando un proyectil de calibre similar pero de mayor velocidad penetra los tejidos, éstos reciben una cantidad de energía cinética que los comprime y crea una aceleración separándolos de la superficie del proyectil, formando en unos cuantos milisegundos una cavidad alrededor del proyectil y su trayecto subsiguiente.

Esta cavidad, que continúa creciendo después del paso del proyectil, se encuentra a una presión menor que la presión atmosférica, lo que puede dar lugar a la aspiración de material extraño y fragmentos tisulares (proyectiles secundarios).

Por efecto de la presión atmosférica, en unos cuantos milisegundos la cavidad se empieza a colapsar y el tejido retorna a su posición inicial. La cavidad entonces se colapsa, hasta que se disipa toda la energía. Es esta alternancia entre el estiramiento y la compresión del tejido lo que se suma en forma sustancial para crear daño en la herida causada por un proyectil de alta velocidad.

La cavitación ocurre con mayor rapidez y extensión en aquellos tejidos con menor resistencia a la tensión, por lo que la cavitación se desarrolla más fácil y extensamente en órganos como el hígado en comparación con el músculo estriado; en el caso del hueso y los tendones, la cavitación es menor en ellos que en el músculo.

Como se mencionó anteriormente, un proyectil de baja velocidad no causa cavitación, y los orificios de entrada y de salida son pequeños, y a mayor velocidad la cavitación inicial puede medir varios centímetros de diámetro cerca del punto de impacto, pudiendo ser mayor el volumen de tejido dañado; cuando un proyectil de estas mismas características impacta tejido óseo, da lugar a su fragmentación y a la formación de proyectiles secundarios.

Algunos proyectiles de alta velocidad pueden producir un orificio pequeño y una gran cavitación, sin orificio de salida o, en su caso, uno muy pequeño.

Si el tejido es delgado y el proyectil sale en el momento de sus giros y deformación, impartiendo en ese momento suficiente energía para inducir el

fenómeno de la cavitación, el resultado será un orificio de salida grande e irregular.

Si el tejido es suficientemente grueso, la máxima cantidad de degradación de la energía cinética puede ocurrir cuando el proyectil se encuentre a la mitad del camino, lo que dará lugar a una cavitación profunda dentro de los tejidos, en cuyo caso el orificio de entrada y el de salida pueden parecer tan inocuos como los de un proyectil de baja velocidad. Conforme el proyectil gira y se deforma, su energía cinética es degradada rápidamente, lo que dará lugar a una gran cavidad asimétrica. (15)

2.3. Heridas por Arma de Fuego

Las lesiones por arma de fuego se definen como el conjunto de alteraciones producidas en el organismo por el efecto de los elementos que integran el disparo en las armas de fuego.

Por su parte, las armas de fuego se definen como aquellos instrumentos destinados a lanzar violentamente ciertos proyectiles aprovechando la fuerza expansiva de los gases que se producen en su interior por deflagración de la pólvora.

Estos proyectiles poseen una gran energía cinética o fuerza remanente por lo que alcanzan largas distancias con gran capacidad de penetración. (17)

2.3.1. Epidemiología

La mayor incidencia de fracturas y heridas por armas de fuego se producen:

- En barrios de nivel social bajo.
- Los fines de semana.
- Por armas cortas. (18)

2.3.2. Clasificación de las armas de fuego

Según la longitud del cañón: características generales de las armas de fuego.

❖ Cañón corto:

- ✓ Tipo: revólver, pistola.
- ✓ Mecanismo: manual.

- ✓ Proyectoil: único.
- ✓ Calibre: pequeño.
- ✓ Velocidad: baja.
- ✓ Alcance: corto.

❖ Cañón largo:

- ✓ Tipo: rifles, fusiles, escopetas, otros.
- ✓ Mecanismo: automático.
- ✓ Proyectoil: múltiple.
- ✓ Calibre: mediano, grande.
- ✓ Velocidad: alta.
- ✓ Alcance: largo. (19) (ANEXO 2-Fig.12)

2.3.3. Elementos que integran el disparo

En la munición de las armas de fuego, pueden distinguirse estos tres elementos: pólvora, taco y proyectoil.

En el momento de producirse el disparo, se producen por la combustión de la pólvora: (18)

❖ Gases de explosión.

La acción de los gases se limita a los casos en que el cañón contacta con la piel o cuando el disparo ocurre en una cavidad cerrada. La intensidad de las lesiones dependerá fundamentalmente de la cantidad de pólvora y de la potencia del arma.

❖ Llama.

Va a provocar una quemadura y depilación si el disparo ocurre cerca del sujeto. Los pelos que no desaparecen pueden quedar retorcidos a modo de sacacorchos y la quemadura adopta en el cadáver una coloración amarillenta.

❖ Granos de pólvora.

No quemados es posible hallarlos en la piel, en mayor o menor cantidad, dependiendo de la distancia a que se efectuó el disparo.

También nos pueden ayudar a determinar la dirección del disparo. Cuando la incidencia es oblicua, se depositará mayor cantidad en la zona más próxima a la de la procedencia del disparo; si es perpendicular, la distribución será concéntrica.

❖ Negro de humo.

En disparos muy cercanos el humo se deposita sobre la herida y la ennegrece. Esta característica de la herida desaparece al pasar un algodón humedecido. Compone, junto a los granos de pólvora no incrustados en la piel, la parte deleble del tatuaje. (20) (ANEXO 2-Fig. 13).

2.3.3.1. En función de la distancia del disparo se hace referencia a:

- Disparo a cañón tocante:
Herida contusa, irregular, estrellada, y sobre una cavidad anfractuosa debida al despegue de los tegumentos: es el cuarto de mina, cuyas paredes están tapizadas por restos negruzcos compuestos de humo, partículas metálicas, granos de pólvora y restos de tejidos mezclados con sangre.
- Disparo a quemarropa:
Están limitados por el alcance de la llama (muy escasa en las armas modernas debido a las pólvoras actuales y por mecanismos accesorios del arma, como la bocacha apaga llamas) y se definen por la quemadura.
- Disparo a corta distancia:
Se observan granos de pólvora no quemados sobre el orificio y se detectan restos de la pólvora y del fulminante (bario, cromo, mercurio).

- Disparo a larga distancia:

No existe ningún carácter diferencial. El orificio es idéntico independientemente de la distancia y sólo se puede apreciar la cintilla erosiva y el collarete de limpiadura. (21) (ANEXO 2- Fig. 14).

2.3.4. Morfología de las Heridas por Arma de Fuego

Herida de entrada, trayecto, herida de salida. (ANEXO 2- Fig. 15).

❖ Herida de entrada

- Orificio:

Puede ser único o múltiple, redondeado u oval, diámetro variable. Mayor o menor que el proyectil. Influye la forma del proyectil, la velocidad de llegada y la elasticidad de la piel.

- Tatuaje:

Son los elementos que se sitúan alrededor del orificio. Está formado por la cintilla de contusión y el tatuaje.

- Cintilla de contusión:

Se sitúa inmediatamente después del orificio y se produce:

1. Contusión de la piel por la bala.
2. Roturas de fibras elásticas por distensión de la piel, antes de romperse.
3. Frotación de la piel por el giro del proyectil.
4. Limpieza de la suciedad portada por la bala al atravesar la piel.

- Tatuaje:

Se forma por la quemadura de la llama (no lavable), el depósito negro de humo (lavable) y la incrustación de los granos de pólvora (no lavable). (18)

❖ Trayecto

Es el recorrido del proyectil en el interior del cuerpo. Pueden ser rectilíneos o desviados. Las desviaciones pueden deberse a choques con huesos que, si se fragmentan, dan lugar a trayectos múltiples.

❖ Herida de salida

- Puede existir o no.
- Muy variable en forma y tamaño.
- Por el mecanismo de producción suele tener los bordes evertidos.
- Si ha habido fragmentación, puede haber más de uno.
- Carecen de cintilla de contusión y tatuaje. (18) (ANEXO 2- Fig.16)

❖ Diferencias entre orificios de entrada y salida. (19) (ANEXO 2- tabla 3)

2.4. Mecanismo De Lesión

El daño que se produce en el cuerpo por una herida de arma de fuego se explica por la energía cinética y su fórmula $E = 1 / 2 mv^2$, es decir, la energía que se propicia por el movimiento continuo del proyectil es dada por la masa y la velocidad en que es lanzada. La masa es definida por el peso de la bala, que en promedio es de 2 a 10 gramos (su punta), y la velocidad se mide en metros/segundo, y se pueden dividir en proyectiles de baja velocidad, con menos de 304 m/s, de velocidad intermedia hasta 600 m/s, y los de alta velocidad por arriba de ésta. Ahora bien, para que un proyectil de arma de fuego pueda penetrar la piel, se requiere de una velocidad mínima de 70 m/s, y para que pueda romper un hueso, se requiere de al menos una velocidad de 100 m/s. Por ejemplo, una pistola calibre 45 automática puede desarrollar una velocidad de 265 m/s, la Magnum 357 alcanza una velocidad de 425 m/s y una AK-47 alcanza 713 m/s. (22)

2.5. Efecto de los Proyectiles en los Tejidos

2.5.1. Penetración de la Piel

La piel, como tejido elástico, es relativamente resistente a la penetración de un proyectil y requiere de una velocidad crítica antes de ser perforada.

Esta velocidad es independiente de la masa del proyectil y más o menos equivale a 50 metros por segundo para todos los proyectiles, a pesar de las diferentes energías de los proyectiles con diferente masa.

Esta velocidad es, desde luego, el grado de desaceleración del proyectil cuando penetra al cuerpo.

La ropa ordinaria influye en esta velocidad crítica, pero la velocidad necesaria para penetrar la ropa ordinaria es menor que la requerida para penetración de la piel. Las indumentarias con protección para proyectiles incrementan considerablemente esta velocidad crítica.

2.5.2. Musculosquelético

Las fibras musculares que rodean la cavidad permanente causada por un proyectil de alta velocidad son estiradas en cuatro veces su tamaño original. Hay una extravasación intersticial importante, coagulación de las fibras del citoplasma y pérdida de las estrías musculares, existiendo un daño concomitante del tejido conectivo y los elementos vasculares de los músculos. Como resultado de estos cambios el tejido se necrosa a más de 1 cm de la cavidad formada durante el trayecto del proyectil y los cambios de presión dentro de la cavidad, lo que se relaciona con la energía cinética del proyectil en el momento del impacto.

El tejido muscular necrosado constituye un excelente medio de cultivo para las bacterias especialmente de tipo anaeróbico, como las especies de *Clostridium*. La infección puede expandirse rápidamente, por lo que es mandatorio realizar una exploración quirúrgica y desbridación adecuada de la herida. Debe tenerse en mente que lo que pudiese parecer un inocente orificio de entrada puede ocultar una gran área de tejido dañado.

Nunca debe realizarse la sutura de un orificio de entrada y debe posponerse hasta que no exista riesgo de infección. El uso de antibióticos de amplio espectro para prevenir la infección ante la posibilidad de un cierre de la herida no es aceptable.

2.5.3. Hueso

El efecto del proyectil sobre el hueso depende de la energía cinética del proyectil, de la porosidad del hueso en el sitio afectado y el grado de tejidos circunvecinos de apoyo. La velocidad de partida para fracturar un hueso es de 65 m/seg. Cuando un proyectil de baja velocidad impacta la porción porosa de un hueso, como son la porción distal o proximal de un hueso largo, produce un orificio en sacabocado con ruptura de la cortical. Si

impacta la porción dura del hueso da por resultado una fractura conminuta multifragmentaria. Cuando un proyectil de alta velocidad impacta un hueso subcutáneo, por ejemplo el cúbito, puede dar lugar a un daño considerable, ya que este hueso está apoyado en el tejido que lo rodea.

Cuando un proyectil de alta velocidad impacta un hueso bien protegido, como es el fémur y en menor grado el húmero, destroza al hueso en múltiples fragmentos. Estos fragmentos se desplazan dentro de la cavidad temporal y regresan al área del sitio original.

Cuando un proyectil de alta velocidad pasa cerca de un hueso sin impactarlo, la energía liberada en el tejido circunvecino puede ser de tal magnitud que generalmente lo fractura.

En este caso el tipo de fractura depende de la energía del proyectil, de la proximidad al hueso y la densidad de los tejidos circunvecinos. Ya que la fractura ósea ocasionada por un proyectil resulta en una gran destrucción de tejidos blandos, el cirujano debe encontrar una decisión correcta entre el tratamiento de la fractura y la preservación de los tejidos blandos.

La fijación intramedular o en su caso la fijación externa, después de una desbridación adecuada, son probablemente los mejores métodos de tratar fracturas causadas por proyectiles de alta velocidad. (15) (ANEXO 2- Fig.17)

2.5.4. Vasos Sanguíneos

Los proyectiles de alta velocidad pueden afectar seriamente a los vasos sanguíneos aun sin impactarlos directamente. Anteriormente se creía que las arterias que no eran impactadas directamente por un proyectil eran empujadas hacia un lado y escapaban de lesiones importantes; sin embargo, esto no es verdad.

Estudios experimentales han demostrado que los proyectiles de baja velocidad causan un ligero estiramiento de los vasos antes de penetrarlos, mientras que los proyectiles de alta velocidad seccionan las paredes del vaso y la formación de la cavidad temporal causa una lesión de tipo “aplastamiento” a la porción adyacente al vaso.

La severidad de la lesión es proporcional a la velocidad del proyectil. Todas las capas de las paredes del vaso muestran ruptura, pérdida de tejido, hemorragia, exudado y formación de microtrombos.

En los casos en que la arteria es impactada directamente por un proyectil de alta velocidad el daño se extiende a más de 10 milímetros en sentido distal y proximal del sitio de la ruptura.

Sin embargo, los cambios microscópicos que ocurren en la pared del vaso adyacente a la zona microscópicamente afectada no tienen relación con los resultados finales de la corrección quirúrgica.

2.5.5. Respuesta Hemodinámica

El impacto de un proyectil de alta velocidad tiene un marcado efecto en la circulación aun cuando un vaso mayor no es impactado directamente y no hay mayor pérdida sanguínea.

Cuando ocurre una lesión importante de tejidos blandos en una extremidad, cuales quiera que sea la causa, inmediatamente ocurre un incremento en el tono vasomotor del organismo con aumento en el flujo sanguíneo del miembro lesionado.

Este aumento en el flujo arterial es probablemente causado por sustancias vasoactivas desencadenadas por el trauma.

A la vasodilatación le sigue un aumento de la resistencia vascular en las arterias periféricas con una disminución del flujo sanguíneo a la extremidad lesionada, aunque la dilatación de arterias mayores puede persistir por varias horas.

Los cambios hemodinámicos generales que ocurren después de una lesión por un proyectil de alta velocidad son los mismos descritos anteriormente. Además de los cambios locales también ocurre una disminución de la presión arterial sin aumentar la frecuencia cardiaca, y una disminución del flujo sanguíneo de la extremidad contralateral no lesionada, lo que indica una redistribución del flujo sanguíneo.

2.5.6. Nervios

Al igual que los vasos sanguíneos, los nervios pueden ser impactados y lesionados directamente y, si no, son desplazados lateralmente durante la expansión de la cavidad temporal. Este desplazamiento causa trastornos en la conducción a pesar de que la continuidad macroscópica del nervio es preservada.

La severidad y persistencia del defecto de conducción es directamente proporcional a la velocidad del proyectil y a la proximidad de su ruta al nervio.

La causa de este trastorno funcional se debe probablemente al estiramiento del nervio provocado por la energía liberada por el proyectil. Microscópicamente se puede observar edema local, ruptura en la continuidad de algunas fibras y torcedura de otras. (15)



CAPÍTULO III: EVALUACIÓN FISIOTERAPÉUTICA

La evaluación analiza los motivos causantes de la discapacidad, deficiencia o limitación funcional existente, que puede derivarse de lesiones, intervenciones quirúrgicas, enfermedades diversas e incluso de malas posturas o malos movimientos que la persona efectúa al realizar tareas simples y cotidianas.

La evaluación comprende la determinación y recomendación de la terapia más apropiada a seguir para el tipo de dolencia existente con la aplicación de todas las técnicas terapéuticas que usa la fisioterapia para rehabilitar al paciente así como, la enseñanza de terapia a seguir en casa, para una rehabilitación continua y adaptada a las necesidades de la persona eliminando así las causas que le impiden su bienestar físico.

Además, la evaluación es un proceso en el cual el fisioterapeuta realiza sus juicios clínicos con base en los datos obtenidos durante la anamnesis, la observación, palpación, percusión, auscultación, aplicación de métodos y técnicas de valoración y se sustenta con los exámenes complementarios luego en base a este proceso se determinará cual es el tratamiento de rehabilitación a seguir.

Este proceso también puede identificar problemas que requieren ser referidos a otros profesionales de la salud. (23)

3.1. Historia Clínica

Es un documento importante, base de la comunicación clínica en donde se enmarcan de forma ordenada y detallada todos los datos y conocimientos relativos a su estado de salud, tanto anteriores, como actuales.

Este documento va a ser utilizado por un equipo multidisciplinario de salud ya que todas las disciplinas relacionadas con el diagnóstico, el pronóstico y tratamiento de los padecimientos que se involucran con la salud, deben ser manejadas por profesionales dentro del área, y así puedan establecer un procedimiento terapéutico encaminado a la mejoría del paciente, ya que en muchas ocasiones, el gran desconocimiento del rol que ofrece la rehabilitación para que evolucionen favorablemente las secuelas de un padecimiento, hace que la recuperación sea lenta o que se establezca una secuela permanente y, en ocasiones, irreversible, por lo que es importante hacer una historia clínica

completa pero concisa, dirigida al padecimiento que aqueja al paciente y orientada hacia el diagnóstico, tratamiento y pronóstico.

Se debe tomar en cuenta que la HCL es considerado también un documento legal.

La historia clínica posee el siguiente formato:

3.1.1. Datos de filiación.

Los datos de filiación son aquellos datos personales que se orientan a su identificación personal: nombre, edad, sexo, lugar de nacimiento, lugar de residencia, ocupación, domicilio, números telefónicos y otros datos.

3.1.2. Anamnesis

Es la recopilación de los datos médicos de un paciente incluido sus antecedentes, su familia, su entorno, sus experiencias pasadas y que se efectúa mediante un “conversatorio”, el mismo que debe ser guiado y orientado por parte del profesional fisioterapeuta a encontrar las causas probables de la patología, y determinar cuál es el problema mayor a considerarse o el más importante, por lo tanto los cuestionamientos deben ser bien direccionados usando un lenguaje claro, sencillo y que sea entendido por el paciente con facilidad, estos datos son los que nos permitirán analizar la situación actual del paciente, la misma que nos conducirá a realizar una eficiente, eficaz y efectiva planificación y ejecución del tratamiento Fisioterapéutico. Consideraremos las siguientes fases:

- Localización de la lesión o de las partes que involucra la enfermedad.
- Dolor: Irradiación, intensidad, duración, frecuencia, causas especiales de aparición, causas que agraven o atenúan la molestia.
- Antecedentes personales patológicos: se cuestiona si ha padecido alguna enfermedad previa, tratamientos quirúrgicos, alergias, hipertensión arterial, diabetes mellitus entre otros.
- Antecedentes personales no patológicos: fármacos empleados y tratamientos previos aplicados, actividad física que realiza y, en su caso, hábitos como tabaquismo y alcoholismo.

3.1.3. Diagnóstico Médico

Es el procedimiento mediante el cual se identifica una enfermedad, entidad nosológica, síndrome o cualquier condición de salud-enfermedad a través de la observación de sus síntomas y signos.

El diagnóstico es una de las tareas fundamentales de los médicos y es la base para una terapéutica eficaz, eficiente y efectiva además es un medio indispensable para establecer el tratamiento adecuado para cada enfermedad. Al área de rehabilitación física la mayor parte de pacientes acuden con el diagnóstico médico, para ser evaluados por el fisioterapeuta quien también planificará y ejecutará el tratamiento fisioterapéutico.

Es de importancia invaluable la precisión del diagnóstico topográfico, ya que permiten establecer la ubicación y la severidad de la lesión motivo de estudio.

Además, se realiza la revisión del paciente con trastornos del trofismo, de la fuerza, de la amplitud articular, y la aplicación de otras técnicas y métodos de valoración como sean necesarias. Al analizar cada uno de los síntomas y signos se puede llegar a establecer con precisión, el sitio comprometido como la lesión, su tipo e incluso nos permite establecer un pronóstico.

La precisión de los diagnósticos clínicos se debe soportar frecuentemente con ayudas para-clínicas que lo fundamenten, con el fin de guiar y orientar conductas terapéuticas adecuadas y oportunas.

Además permite precisar diagnósticos elaborados a través de la anamnesis y del examen físico, agregando componentes importantes como la ubicación de la lesión o lesiones, la extensión y en cierta forma la severidad de la misma. Estos estudios permitirán a través del tiempo evaluar la progresión de la enfermedad y establecer un pronóstico.

Solicitud de exámenes complementarios: “debe contener datos del paciente, diagnóstico clínico, hacer énfasis sobre el tipo de prueba que se va a aplicar y el segmento o estructura del cuerpo por estudiar. Aclarando el objetivo del examen si es de diagnóstico, de evolución, para establecer pronóstico, para determinar el éxito o fracaso de una intervención terapéutica, farmacológica o quirúrgica.”

3.1.4. Diagnóstico Fisioterapéutico

Según la APTA, Asociación Americana de Fisioterapia, se ha considerado bajo la legislación de salud de ese país la necesidad de establecer: el diagnóstico fisioterapéutico, con razones suficientes que permiten valorar el área física del paciente, su motricidad gruesa o fina residual y todas las posibilidades de rehabilitación o habilitación física del paciente, razón por lo cual lo mencionaremos en la presente investigación.

El diagnóstico fisioterapéutico se establece luego de la valoración física y nos permite conocer el estado actual del paciente, esta información es indispensable para la planificación y ejecución del tratamiento fisioterapéutico, además nos permite dependiendo del tipo de lesión, de su gravedad determinar si ésta es permanente o temporal, tomando en cuenta antecedentes relevantes de la historia, selección y ejecución de pruebas específicas e interpretación de datos que permitirán conocer el estado de salud del paciente.

3.1.5. Motivo de Consulta

Es la razón del paciente por la que solicita la atención del fisioterapeuta como es en nuestro caso, este es un período de comunicación directa y franca, donde se pide al paciente que realice una mención breve en forma resumida de cuál es la naturaleza de su padecimiento o problema. Por ejemplo: “El paciente consulta por dolor en muslo izquierdo después de la cirugía de una fractura de diáfisis del fémur”.

3.1.6. Enfermedad Actual

Aquí se precisa que le ha pasado al paciente, se menciona de forma ordenada los distintos síntomas que la persona ha presentado, de ser posible en forma cronológica conforme aparece la causa que produjo la enfermedad o lesión, su inicio, tiempo, evolución, y causas que se relacionan con ésta, mientras el profesional de salud realiza un escucha activa y significativa, creando un clima de serenidad y seguridad, para captar las necesidades del paciente.

Dentro de las enfermedades y lesiones más frecuentes que se presentan en relación a las patologías traumatológicas y que son motivo de consulta en el servicio de rehabilitación y fisioterapia tenemos todo lo que está relacionado a la lesión ósea o de partes blandas (fracturas, lumbalgias, cervicalgias, esguince de tobillo, contractura muscular, espasmo muscular, Rotura parcial o total del tendón o muscular, tendinitis, tenosinovitis, luxaciones, entre otras) que ya estará tratada previamente por el traumatólogo, junto a las posibles complicaciones, además habrá que prever las derivadas de la misma inmovilización (rigidez articular, atrofia muscular, dolor, edema).

3.1.7. Valoración Física.

Es la evaluación de la capacidad funcional de un paciente: se valora el estado físico y el grado de actividad motora.

Se interroga al paciente acerca de sus actividades de la vida diaria, aspectos laborales, costumbres y todas aquellas que nos permitan valorar el estado físico del paciente.

Tendrá aspectos como: observación, palpación, percusión, auscultación, métodos y técnicas de valoración.

✓ Observación

Es el examen visual, en donde se realiza la valoración usando la vista. Además es un proceso activo, sistemático, de manera que nada pase por alto y se puede utilizar tanto luz natural como artificial.

Esta debe ser lo más completa posible y, por su puesto, con mayor énfasis en el padecimiento o síntoma por el cual el paciente acude a la consulta.

La observación constituye un inventario general y sistemático a nivel corporal, emocional, personal y social del paciente en cualquier área de salud, ya que se desarrolla desde el primer contacto visual con la persona que asiste.

Esta técnica sirve para valorar:

- Textura de la piel, color, cicatrices.
- Expresiones faciales que pueden reflejar emociones, dolor.
- Funcionamiento y discapacidad.
- Postura que adopta.
- Deformidades fácilmente visibles: escoliosis, cifosis, deformidades torácicas.
- Posturas antálgicas.
- Patrones de flexión y extensión por alteraciones de tono.
- Presencia de ayudas ortésicas o protésicas.
- Tipo de marcha.
- Claudicación por deficiencias estructurales o funcionales del sistema músculo esquelético.
- Uso de auxiliares de marcha.
- Muletas axilares.
- Muletas canadienses.
- Caminadoras.
- Bastones convencionales.
- Silla de ruedas.

✓ **Palpación**

Es el examen del cuerpo mediante el uso del sentido del tacto, se utilizan las yemas de los dedos que por la concentración de terminales nerviosas son altamente sensibles.

La palpación es una herramienta de exploración táctil que al presionar con los dedos o la palma de la mano de manera superficial o profunda sobre una superficie, permite apreciar las cualidades de diferentes estructuras, permitiendo localizar el dolor e identificar las deficiencias estructurales y funcionales.

Así podemos palpar en:

- Piel y tejido subcutáneo:
 - Condición trófica.
 - Diaforesis (sudoración).
 - Grosor.
 - Textura.
- Dolor: Localización, Intensidad. Evaluación del dolor: se utiliza la escala en cruces donde:
 - +: Leve
 - ++: Moderado
 - +++: Fuerte
- Tumefacción, edema, inflamación.
- Dermatomas, miotómas, esclerotómas.
- Comparación con el lado no afectado y áreas vecinas.

3.1.8. Métodos y técnicas de valoración

Se usan dentro de fisioterapia para evaluar las características físicas del paciente, normalmente con una intención concreta o en un entorno determinado.

Los objetivos de la valoración funcional son:

- Clasificar y cuantificar la discapacidad, es decir, la naturaleza y severidad de las limitaciones o pérdidas funcionales por lesiones o accidentes.
- Evaluar la amplitud de movilidad articular.
- Valorar la fuerza muscular.
- Observar la postura que adopta el paciente.
- Establecer el pronóstico, los objetivos del tratamiento y las medidas terapéuticas.

Dentro de estas tenemos:

- Test Goniométrico

La Goniometría se refiere a la medición de ángulos, en particular los ángulos corporales en sus uniones a la altura de las articulaciones.

El examinador realiza estas mediciones alineando determinadas piezas del instrumento de medición, denominado goniómetro, a lo largo de los huesos inmediatamente proximales o distales de la articulación que se va a evaluar. (23)

La goniometría constituye una parte fundamental de la exploración detallada de las articulaciones y de las partes blandas que las rodean.

La exploración suele iniciarse con una entrevista al paciente y la revisión de los datos obtenidos anteriormente durante la anamnesis. El paso siguiente consiste, generalmente, en la observación física del paciente, con una valoración del contorno óseo y muscular, piel y uñas.

La palpación suave se realiza para comprobar la temperatura cutánea y las características de las deformidades tisulares, así como para localizar los síntomas dolorosos en relación con las estructuras anatómicas.

La realización durante la exploración de movimientos activos por parte del paciente permite al examinador detectar los movimientos anómalos, así como la predisposición del paciente al movimiento. Cuando se aprecian anomalías en los movimientos activos, el examinador debe observar a continuación los movimientos pasivos, con el fin de determinar las causas de la limitación articular. Los movimientos pasivos permiten identificar las estructuras que limitan los movimientos, así como detectar las zonas de dolor y calcular el grado de movimiento.

Las técnicas goniométricas se utilizan para medir y documentar el grado de movimiento articular activo y pasivo, al igual que las posturas de inmovilidad articular consideradas anómalas.

Los datos obtenidos a través de las técnicas goniométricas, junto con las pruebas complementarias, permiten:

- Determinar la presencia o ausencia de lesión.
- Establecer un diagnóstico.
- Establecer el pronóstico, los objetivos del tratamiento y las medidas terapéuticas.
- Evaluar los progresos, o ausencia de progresos en cuanto a los objetivos de rehabilitación.
- Modificar el tratamiento.
- Motivar al paciente.
- Averiguar la eficacia de las medidas y los procedimientos terapéuticos (ejercicios, tratamientos farmacológicos, intervenciones quirúrgicas).
- Fabricar dispositivos y material ortopédico.
- Amplitud de movimiento: Rango de movilidad de cadera, rodilla y tobillo: (24) (ANEXO 3- Fig.18)

	Movimiento	Normal	Funcional
Cadera	Flexión	125°-128°	90°-110°
	Extensión	0°-20°	0°-5°
	Abducción	45°-48°	0°-20°
	Aducción	40°-45°	0°-20°
	Rotación interna	40°-45°	0°-20°
	Rotación externa	45°	0°-15°
Rodilla	Flexión	0°-130°/140°	110°
	Extensión	0°	0°
Tobillo	Dorsiflexión	0°-25°	10°
	Flexión plantar	0°-40°	20°

3.2. Fuerza Muscular:

Mejorar la fuerza de los siguientes músculos, que se ven afectados debido a la fractura y la lesión:

- Dorsiflexores:
tibial anterior, extensor largo del primer dedo, extensor largo de los dedos.
- Flexores plantares:
gemelos, soleo, flexor de los dedos, flexor largo del primer dedo.
- Inversores: tibial posterior, tibial anterior.
- Eversores: peroneo largo y corto. (24)

Gradación de 0 a 5:

- 0 (Cero): Ninguna evidencia de contracción.
- 1 (Indicio): Presencia de mínima contracción; ausencia de movimiento.
- 2 (Mediocre): Amplitud de movimiento completa sin gravedad.
- 3 (Pasable): Amplitud de movimiento completa contra la gravedad.
- 4 (Bueno): Amplitud de movimiento completa contra la gravedad, con resistencia parcial o noción de fatigabilidad.
- 5 (Normal): Amplitud de movimiento completa contra la gravedad, con resistencia normal. Músculo sano. (25)

Esta gradación se puede afinar mediante la adición de los signos +o-:

- 1+: Intento de movimiento.
- 2-: Amplitud de movimiento incompleta sin gravedad.
- 2+: Intento de movimiento contra la gravedad.
- 3-: Amplitud de movimiento incompleta contra la gravedad.
- 3+: Amplitud de movimiento completo, con una ligera resistencia. (25)

3.3. Evaluación del Patrón Normal de la Marcha: (24)

Componentes del ciclo de la marcha. (ANEXO 3-Fig.19)

Clasificación estándar	Clasificación alternativa
Apoyo talar	Contacto inicial
Apoyo podal	Respuesta a la carga
Apoyo medial	Apoyo medio
Despegue talar	Apoyo terminal
Despegue de dedos	Prebalanceo
Aceleración	Balanceo inicial
Balanceo medio	Balanceo medio
Deceleración	Balanceo final

Actividad muscular de la extremidad inferior durante el ciclo de la marcha.

FASE	CONTRACCIÓN MUSCULAR
Fase de apoyo Apoyo talar	Cadera: glúteo mayor. Rodilla: cuádriceps e isquiotibiales. Tobillo: tibial anterior.
Apoyo plantar	Cadera: ninguno. Rodilla: cuádriceps. Tobillo: tibial anterior.
Apoyo medio	Cadera: glúteo medio. Rodilla: cuádriceps. Tobillo: gemelo y sóleo.
Despegue talar	Cadera: ninguno. Rodilla: cuádriceps. Tobillo: gemelo y sóleo.
Despegue de dedos	Cadera: ninguno. Rodilla: isquiotibiales. Tobillo: gemelo y sóleo.

Fase de balanceo Aceleración	Cadera: iliopsoas. Rodilla: cuádriceps. Tobillo: tibial anterior.
Balanceo medio	Cadera: ninguno. Rodilla: cuádriceps. Tobillo: tibial anterior.
Deceleración	Cadera: glúteo mayor. Rodilla: isquiotibiales. Tobillo: tibial anterior.

Consideraciones de la marcha en la fractura de la extremidad inferior:

La carga de peso se define de la forma siguiente:

1. Sin carga o descarga.
2. Carga con apoyo de los dedos.
3. Carga parcial; el grado de carga lo determina el medico según la probable estabilidad de la fractura en cualquier punto.
4. Carga según tolerancia.
5. Carga completa. (24)

3.4. Evaluación de la Sensibilidad y Propiocepción.

- Sensibilidad cutánea: sensibilidad al dolor, la presión o la temperatura.
- Cinestesia: sensibilidad originada en músculos, articulaciones o tendones, informa sobre el movimiento del cuerpo.

Las numerosas modalidades de la sensibilidad se dividen en:

- Exteroceptiva o superficial: recoge las sensaciones externas.
- Interoceptivas: recoge las de los órganos internos.
- Propioceptiva: informa sobre los miembros, actitudes y movimientos corporales. (26)

➤ Sensibilidad:

Los ojos del paciente deben permanecer cerrados para realizar la exploración de la sensibilidad. Compare áreas simétricas a ambos lados del cuerpo, así como áreas proximales y distales de las extremidades. Inicialmente se utilizan estímulos mínimos y vamos aumentando su intensidad de forma progresiva.

Cuando se detecta un área con pérdida de la sensibilidad, ésta debe delinearse en detalle.

Sensibilidad al tacto (superficial)

Use un algodón o sus dedos para tocar la piel ligeramente, evitar rozar el vello.

Instruir al paciente para que responda cuando sienta nuestro toque. Pruebe las siguientes áreas: frente de ambos muslos (L2), parte lateral y medial de ambas pantorrillas (L4 y L5) y quintos dedos de ambos pies (S1).

Sensación de posición

Tome el primer dedo del pie y sepárelo de los otros dedos para evitar la fricción.

Muestre al paciente lo que es estar el dedo hacia arriba. Con los ojos del paciente cerrados, dígame que identifique la dirección hacia donde mueve el dedo.

Si la sensación de posición está alterada, movemos proximalmente el tobillo para explorar esta articulación.

Discriminación

Estas pruebas son dependientes de los resultados de los exámenes de la sensibilidad al tacto y a la posición, y no se pueden realizar cuando estas últimas son claramente anormales.

Miden la capacidad para interpretar sensaciones asociadas con la capacidad de coordinación. Su alteración indica lesión en la corteza sensitiva o en las columnas posteriores de la médula espinal.

Localización de puntos

Toque la zona de la piel del paciente y pida al paciente que la localice tras retirar el estímulo.

Fenómeno de extinción

Tocar de forma simultánea con una aguja varios lugares del cuerpo del paciente. Preguntar al paciente cuantos estímulos nota y dónde los localiza.

Vibración

Use un diapasón (128Hz) (cuantos menos Hz la vibración perdura más).

Coloque el tallo del diapasón en la articulación distal interfalángica del paciente en los pies.

Decir al paciente si siente la vibración. Se debe notar una sensación de hormigueo. Si está dañada la sensibilidad, explorar proximalmente maléolo medial, rótulas, crestas ilíacas anteriores y superiores.

Dolor

Use un objeto agudo para realizar la prueba “pica o toca”, deje un tiempo de unos dos segundos para evitar el efecto sumatorio.

Pruebe las siguientes áreas: frente de ambos muslos (L2), parte medial y lateral de ambas pantorrillas (L4 y L5) y dedos de los pies (S1).

Temperatura

Use un diapasón frío o calentado por agua y pregunte al paciente si es frío o caliente.

Pruebe las siguientes áreas: porción anterior de ambos muslos (L2), partes medial y lateral de ambas pantorrillas (L4 y L5) y dedos de los pies (S1). (27)

3.5. Pruebas Complementarias

➤ Estudio Radiológico

Debe realizarse un examen detallado de las radiografías. Siempre se deben incluir 2 proyecciones: anteroposterior (AP) y lateral (L).

La radiografía debe abarcar la totalidad del hueso estudiado. En zonas metafisarias o epifisarias puede ser de interés complementar el estudio con 2 proyecciones oblicuas, externa e interna. Este estudio radiológico es importante para evaluar la gravedad del traumatismo y para planificar la operación. Por otro lado, permitirá descartar la presencia de posibles cuerpos extraños. (28)

➤ Tomografía Computarizada Multidetector

El traumatismo de las extremidades es muy frecuente. Aunque la radiología convencional suele ser la técnica de estudio inicial, existen situaciones en que la tomografía computarizada multidetector (TCMD) adquiere un papel fundamental para el manejo de dichos traumatismos, concretamente para el estudio de fracturas en regiones de anatomía compleja, especialmente a nivel articular, constituyendo una herramienta esencial en la valoración prequirúrgica y control evolutivo de la consolidación.

La TCMD debería realizarse en cualquier fractura en la que exista o se sospeche extensión intraarticular. El informe radiológico debe recoger la dirección de los trazos principales de la fractura, el número de fragmentos principales y su grado de desplazamiento, rotación y depresión, la existencia o no de congruencia articular y la posible presencia de fragmentos osteocondrales libres intraarticulares.

En las fracturas extraarticulares la radiografía simple suele ser suficiente en la mayoría de los casos.

Otra ventaja de la TCMD es su capacidad de detectar lesiones tendinosas y ligamentarias aunque tenga un menor contraste que la resonancia magnética (RM). Esto es particularmente útil en articulaciones como la rodilla, el tobillo o la muñeca.

La TCMD permitir obtener, a partir de la adquisición en el plano axial, reconstrucciones multiplanares (MPR) y tridimensionales de una calidad excelente, sin distorsión espacial significativa. La imagen isotrópica, con igual resolución espacial en los tres planos del espacio, se consigue con cortes finos submilimétricos.

Las MPR pueden visualizarse en corte fino para detectar fracturas sutiles o bien en cortes gruesos en máxima intensidad de proyección (MIP) que nos aporta una información de profundidad o de relación entre estructuras óseas.

Para las fracturas nosotros preferimos el algoritmo de reconstrucción shaded surface display (SSD) porque demuestra mejor la afectación de la superficie articular, que podemos mostrar tras eliminar el hueso no fracturado (vista desarticulada). A esta reconstrucción se le pueden aplicar planos de corte que permiten visualizar la anatomía interna de la fractura. (29) (ANEXO 3- Fig.20)

➤ Resonancia Magnética

Aunque la TCMD tiene una alta sensibilidad, la RM pone de manifiesto anomalías medulares precozmente y detecta con más precisión daños en estructuras ligamentosas y tendinosas.

Generalmente, suele estar indicada para estudiar fracturas ocultas no desplazadas, sobre todo en lesiones del escafoides, en las que, aparte de realizar un diagnóstico precoz, la RM evalúa la viabilidad de los extremos óseos si la fractura no ha consolidado.

También deben valorarse mediante esta técnica las fracturas poco desplazadas de la tuberosidad mayor del húmero.

En el miembro inferior, otras fracturas ocultas en las que también es útil son las del cuello del fémur, sobre todo en pacientes con osteopenia marcada, en los que es difícil percibir cambios en la alineación trabecular ; las fracturas de rodilla, más frecuentes en el cóndilo lateral del fémur y el cuadrante posterolateral de la meseta tibial, habitualmente asociadas a

rupturas del ligamento cruzado anterior; y las fracturas del tobillo, en las que lesiones ligamentosas añadidas pueden condicionar una inestabilidad crónica.

La RM también está indicada para estudiar fracturas sin un claro antecedente de traumatismo agudo, como las fracturas de estrés o las fracturas patológicas. (30)



CAPÍTULO IV: TRATAMIENTO

4.1. Tratamiento Prehospitalario

En caso que la situación clínica lo requiera, será necesaria una reanimación inmediata, agresiva y precoz.

- Las extremidades lesionadas deben ser movilizadas lo menos posible, siempre fijándolas desde la región proximal y distal a la lesión, con un grado de tracción en el sentido del hueso y en dirección distal. Utilizar férula de inmovilización. Observar tipo y tamaño de la herida.
- Buscar orificios de entrada y salida.
- Toma de constantes.
- Cubrir la herida con gasas estériles.
- Lavado copioso con solución fisiológica. No usar agua.
- Si hay hemorragia colocar compresas directas para controlar el sangrado.
- No tratar de extraer mecánicamente cuerpos extraños que se vean en la herida.
- Identificar el tipo de sangrado.
- Utilizar equipos de protección.
- Reposición de líquidos endovenosos con la canalización de dos vías de gran calibre (14G o 16G).
- Todas las fracturas por arma de fuego se consideran contaminadas y si llevan más de 6 horas se consideran infectadas.
- Estabilizar al paciente siguiendo el ABC del trauma. (18)
 - ❖ A: Permeabilidad de la vía aérea con control de la columna cervical.
 - ❖ B: Buena ventilación.
 - ❖ C: Circulación con control de hemorragias. (31)
- Trasladar al centro asistencial más cercano y avisar al centro coordinador con información clara y resumida del estado del paciente para avisar al centro hospitalario. (18)

4.2. Manejo de las Lesiones Óseas y de los Tejidos Blandos

El manejo de las lesiones óseas y de los tejidos blandos también incluye la piel dañada, los músculos, las aponeurosis, los tendones y los ligamentos.

Las decisiones de tratamiento se deben basar en la clasificación de alta y baja velocidad o energía de los proyectiles, y en las variables clínicas encontradas; las heridas graves del sistema musculoesquelético producidas por armas de fuego de alta velocidad o por disparos a corta distancia se deben tratar con desbridamiento quirúrgico, cicatrización de la herida por segunda intención, antibióticos de amplio espectro por vía intravenosa y profilaxis antitetánica. Dependiendo del tipo de fractura o lesión articular se debe efectuar la fijación ósea apropiada, la cual suele llevarse a cabo durante el desbridamiento inicial siempre y cuando se pueda limpiar la herida de forma adecuada.

Las lesiones articulares complicadas se pueden unir con un fijador externo a través de la articulación y retrasar el tratamiento definitivo.

En el caso de las lesiones osteomusculares el tratamiento general deberá seguir los principios básicos en relación con la clasificación de la fractura y de las características de su “personalidad”. (16)

4.2.1. Lesiones por Proyectil de Arma de Fuego de Baja Velocidad.

Este tipo de lesiones ocasionan una lesión escasa de partes blandas.

Se tratan con desbridamiento local y cierre de la herida, debido a la baja incidencia de contaminación por gérmenes resistentes.

El uso de antibióticos en este tipo de lesiones aún es controversial.

De acuerdo con nuestra experiencia, se tratan mediante administración de impregnación de antibióticos, desbridamiento y osteosíntesis y cierre de la herida, como si fuera una fractura cerrada.

La herida se puede dejar abierta para que cicatrice por segunda intención.

Las fracturas se estabilizan mediante férula o escayola en posición funcional, y en los casos de lesión vascular que amerita reparación se aplica fijador externo de forma inmediata y la fijación definitiva se realiza en la mayoría de los pacientes entre el segundo y el cuarto días después de la lesión. (16)

4.2.2. Lesiones por Proyectoil de Arma de Fuego de Alta Velocidad.

En este tipo de lesiones se realiza desbridamiento quirúrgico en forma sistemática: incisión, escisión, irrigación, estabilización de la fractura y drenaje.

➤ Incisión.

Se hace de acuerdo con la lesión de la piel y el trazo de la fractura, efectuándola en sentido del eje longitudinal del segmento lesionado, con una amplitud suficiente que nos permita evaluar los tejidos.

➤ Escisión.

Se podrá resear piel que tenga apariencia de contusión o esté poco vascularizada, siempre de forma limitada.

El tejido celular subcutáneo se debe apreciar con una coloración normal, no contundido y bien irrigado; se deberá ser muy conservador en cuanto a su retiro, porque, aunque se trate de una lesión por alta velocidad, la cavidad permanente es de diferente magnitud y la cavidad temporal puede ser no tan severa.

Con la resección de los músculos también se deberá ser muy cauto, recordando el criterio de las cuatro “ces” (color, capacidad de sangrado, consistencia y contractilidad), ya que estando contundido en forma inicial puede haber mejoría con el paso del tiempo.

Se debe desbridar el hueso y retirar los fragmentos que estén completamente libres, pero no los que tengan algún pedículo o se encuentren adheridos a partes blandas, ya que se puede integrar posteriormente al callo óseo. (16)

➤ Irrigación.

Se procederá a realizar mediante irrigación de solución salina para realizar un arrastre mecánico de los detritus de tejidos y posibles materiales contaminantes.

Se podrá agregar a la solución de irrigación alguna sustancia antiséptica, como soluciones superoxigenadas, jabón clínico o bacitracina–polimixina, cuando haya presencia ostensible de tierra o excremento; la cantidad de solución a utilizar puede variar de 2 a 6 L

según la experiencia del cirujano, pero evitando irrigar demasiado para evitar la hiperhidratación de los tejidos.

La estabilización de la fractura se puede realizar con fijadores externos o bien se puede realizar osteosíntesis definitiva con clavo o placas, dependiendo de las indicaciones específicas de la fractura y del principio biomecánico.

Las indicaciones de la osteosíntesis definitiva en el primer desbridamiento se mencionan líneas arriba; está indicada en pacientes con trauma múltiple, con lesiones arteriales, que ameritan reparación, que requieran internamiento en la unidad de cuidados intensivos y que presenten lesiones articulares.

Habitualmente estas fracturas se manejan sin osteosíntesis interna (se puede practicar la estabilización definitiva; la estabilización temporal se puede llevar a cabo con fijadores externos) y posteriormente se puede realizar una osteosíntesis interna ante la evidencia de no infección (con la presencia de coágulos bien adheridos sin proceso inflamatorio). (16)

➤ Inmovilización.

Considerando que el paciente se está manejando bajo el criterio de control del daño, se recomienda el uso de fijadores externos no transfectivos en todos los pacientes politraumatizados y polifracturados.

En pacientes con fractura expuesta III se podría efectuar osteosíntesis interna estable, dejándose la herida de exposición abierta, lo que evita mayor daño tisular, favorece la movilización del paciente y los cuidados de enfermería, y brinda comodidad al paciente.

➤ Manejo de la herida.

Dejar la herida abierta o afrontada.

Si se es ético, no se deberá cerrar la herida, aunque ésta permita el cierre sin tensionar la piel; posteriormente se puede aplicar osteosíntesis, como enclavado medular o placa; el cierre de la

cubierta cutánea puede ser mediante sutura, aplicación de injertos cutáneos o bien colgajos o injertos microvasculares.

➤ **Drenaje.**

Siempre se debe colocar un sistema de drenaje para evitar la formación de colecciones hemáticas que favorezcan la proliferación bacteriana.

Debe ser por capilaridad o vacío, dependiendo de las condiciones cutáneas.

En los casos en que la contaminación haya sido muy importante y haya duda acerca de la práctica de una asepsia exhaustiva de los tejidos es preferible dejar la herida abierta para que se produzca un drenaje sin ningún tipo de barrera.

Se practica curación cada 24 h para conocer la evolución de la lesión y detectar en forma oportuna los signos de infección local, con el fin de tomar las medidas adecuadas.

Cada 24 a 48 o 72 h se debe repetir el desbridamiento hasta que desaparezca todo el tejido contundido, desvitalizado o contaminado. La cobertura diferida de las partes blandas se realiza en caso necesario.

La posibilidad de contaminación intrahospitalaria de heridas con gérmenes más resistentes a los antibióticos que los extrahospitalarios es lo que se toma en cuenta para esta conducta. (16)

4.3. Tres Etapas en el Tratamiento de Fracturas

1. Tratar cualquier herida abierta.
2. Atender la fractura hasta que se una.
3. Movilizar las articulaciones y rehabilitar el miembro.

Por tanto, el tratamiento de las fracturas puede dividirse en tres fases.

El tratamiento temprano está dirigido a convertir heridas contaminadas en heridas limpias, y la segunda etapa en unir, juntas, las partes que se han roto, notablemente el hueso.

La tercera etapa consiste en separar las partes que han sido atrapadas juntas, aunque deben separarse, en especial los músculos y superficies articulares.

No tiene caso lograr una radiografía perfecta con huesos sólidos, si los músculos no pueden operar las articulaciones.

Por lo contrario, es igual de malo iniciar una rehabilitación temprana y producir músculos excelentes alrededor de una mal unión; debe encontrarse un equilibrio entre estos objetivos.

El enfoque correcto consiste en iniciar la movilización y fisioterapia vigorosa, tan pronto como sea seguro hacerlo, aunque elegir el momento correcto requiere experiencia. (32)

4.4. Tratamiento Quirúrgico

4.4.1. Fijador Externo

En el manejo de fracturas abiertas, en forma provisional mientras se cambian a otro sistema en la segunda etapa del manejo o en forma definitiva. Poseen ventajas como:

Son de aplicación sencilla, estabilizan rígidamente la fractura, permiten el examen y limpieza de la herida y facilitan la realización de procedimientos secundarios de cobertura con injertos o colgajos. (33) (ANEXO 4- Fig.21)

- Injertos óseos: Incluir los injertos óseos precoces de hueso esponjoso en el manejo inicial de fracturas expuestas GI y GII, en las fracturas metafisarias e intrarticulares, y en el cierre tardío de las fracturas expuestas G-III a las 6 semanas.

Si no es posible el cierre de la herida se recomienda el método de injertos óseos esponjosos de Papineu.

Los requisitos para el cierre de la herida son:

- ✓ Buena circulación.
- ✓ No tensión en los bordes y
- ✓ Ausencia de tejidos, huesos y espacios muertos.

Las técnicas para el cierre de heridas pueden ser:

- Diferido: afrontamiento de bordes en el segundo tiempo.
- Diferido con piel sintética.
- Diferido con incisiones de relajación.
- Diferido con injertos.
- Colgajos locales.
- Aplicación del vacío (Vacum) para el cierre. (33)

- ❖ Biomecánica: Sistemas de distribución de carga.
- ❖ Forma de consolidación ósea: Secundaria.
- ❖ Indicaciones: Este método se usa en las fracturas de tipo III abiertas con pérdida ósea significativa y conminución, así como contaminadas.

Es en estos casos, se utiliza junto con un desbridamiento quirúrgico e irrigación pulsátil. Esta forma de tratamiento se considera provisional hasta que se realiza una cobertura de tejidos blandos mediante injertos de piel.

El vástago intramedular generalmente es la forma definitiva de tratamiento.

- Inmediato a precoz (desde el 1.er día al 7.º de la lesión)

Examinar los puntos de entrada de los clavos en busca de supuración, edema, exudado, purulencia o cualquier signo de infección. Se debe instruir al paciente a que mantenga el cuidado de las heridas y en la búsqueda de signos de infección. Evaluar la estabilidad del fijador y apretar cualquier tornillo o alambre si fuera necesario. Evaluar el mantenimiento de la posición de la fractura mediante radiografías. Como la articulación de la rodilla y el tobillo están libres, se inician movimientos activos.

Carga de peso: los pacientes tratados mediante fijador externo no pueden cargar peso al principio. Si el edema de partes blandas y los cuidados de la herida lo permiten, y hay un buen contacto cortical, el paciente puede apoyar con muletas o andador.

Esta forma de tratamiento no está diseñada para realizar una carga completa.

➤ Dos semanas:

Evaluar las zonas de entrada de los alambres, descartando secreción, supuración o celulitis. Evaluar la estabilidad del fijador después de ajustar los alambres y los tornillos si fuera necesario. Continuar con el rango de movimiento completo.

Carga de peso: se continúa sin cargar o apoyar utilizando muletas o andador y marcha con tres puntos de apoyo.

➤ Cuatro a seis semanas:

Explorar los puntos de entrada de los clavos para descartar cualquier supuración, eritema o cualquier signo de infección y actuar en consonancia. Los alambres con signos evidentes de infección, deben ser retirados y sustituidos por otros más largos o en diferente posición. Como los alambres no atraviesan la articulación, el paciente no debe tener rigidez en los movimientos del tobillo.

Carga de peso: continuar sin cargar peso utilizando muletas o andador y marcha con tres puntos hasta que la congruencia del hueso se haya restablecido, iniciando la carga parcial en ese momento.

➤ Ocho a doce semanas:

En este momento, todas las heridas deben estar cerradas, por cicatrización primaria o injertos o colgajos. Se debe retirar el fijador y se explora la estabilidad de la fractura y se palpa el callo. Se debe continuar con el rango de movimientos y los ejercicios de fortalecimiento. Se deben iniciar los ejercicios suaves de resistencia de la rodilla con peso, de forma gradual. Se debe continuar hasta que se restaure la consolidación normal.

Carga de peso: Se debe iniciar la carga parcial de peso una vez que se ha retirado el fijador externo y se coloca el yeso o la ortesis, o si el fijador externo se reemplaza por un vástago intramedular. (24)

Debido a la información que hemos recopilado la mayor incidencia de fracturas por arma de fuego son en miembro inferior. Hemos escogido el segmento del eje de la tibia, para hacer el tratamiento fisioterapéutico.

4.5. Tratamiento Fisioterapéutico de acuerdo a su fase:

I. Fase de Fijación Externo

- Alivio del dolor y edema:
Compresas frías si es posible cercano a la cirugía, así como también movilizaciones.
- Mejorar y mantener RAM:
Movilización activo libre de dedos de pie y cadera. (ANEXO 4- Fig.22)
- Mejorar y mantener fuerza muscular:
Se realizan ejercicios isotónicos de cadera y ejercicios isométricos de cuádriceps.
- Mejorar y mantener sensibilidad y propiocepción:
En esta etapa no se realiza este tipo de trabajo.
- Mejorar y mantener función:
No se realiza apoyo ni carga en miembro afectado. Para traslado se utilizará muletas.
- Prevenir complicaciones:
Observar los clavos y la función de los tendones, así como las heridas abiertas que necesitan curas informar al personal encargado. Elevar el miembro afectado.

II. Etapa: de ocho a doce semanas

- Alivio del dolor y edema:
Compresas frías, corrientes analgésicas de 80 a 120 Hz de las modalidades Tens o interferencial en rodilla y pantorrillas, láser pulsado cercano a cicatrices, masaje de drenaje en caso se conserve la inflamación todavía.
- Mejorar y mantener RAM:
Movilización activo asistida o libre de rodilla, tobillo y pie; también, movilizaciones verticales y horizontales de rótula. (ANEXO 4- Fig.23)
- Mejorar y mantener fuerza muscular:
Se realizan ejercicios isométricos de cuádriceps y tríceps sural con precaución; corrientes estimulantes: bifásicas simétricas al inicio para continuar con corrientes sinusoidales tipo rusas con periodos de descanso para fortalecer adecuadamente el músculo.
- Mejorar y mantener sensibilidad y propiocepción:
En esta etapa no se realiza este tipo de trabajo.
- Mejorar y mantener función:
Apoyo en carga parcial. Para traslado se utilizará muleta/bastón.
- Prevenir complicaciones:
Continuar con la etapa posterior.

III. Etapa:

- Alivio del dolor y edema:
Compresas frías o calientes según convenga, corrientes analgésicas de 80 a 120 Hz de las modalidades Tens o interferenciales, láser pulsado, masaje de drenaje movilizaciones en articulaciones aledañas.
- Mejorar y mantener RAM:
Movilización activo libre de rodilla, tobillo y pie.
- Mejorar y mantener fuerza muscular:
Se realizan ejercicios isotónicos según tolerancia de cadera, rodilla y tobillo.
- Mejorar y mantener sensibilidad y propiocepción:

Ejercicios en cadena cinética cerrada y equilibrio sobre pie afectado.

- Mejorar y mantener función:
Apoyo en carga total. Para traslado se utilizará bastón según evolución.
- Prevenir complicaciones:
Observar el tipo y forma de cicatriz para prevenir la limitación articular.

IV. Etapa:

- Alivio del dolor y edema:
Compresas calientes, corrientes analgésicas de 80 a 120 Hz de las modalidades Tens o interferenciales, láser pulsado, masaje de relajación.
- Mejorar y mantener RAM:
Movilización activo libre y resistido de rodilla, tobillo y pie.
- Mejorar y mantener fuerza muscular:
Se realizan ejercicios isotónicos según tolerancia de cadera, rodilla y tobillo.
- Mejorar y mantener sensibilidad y propiocepción:
Ejercicios en cadena cinética cerrada, abierta; equilibrio sobre pie afectado en tablas basculantes.
- Mejorar y mantener función:
Apoyo en carga total.
- Prevenir complicaciones:
Observar el tipo y forma de cicatriz para prevenir la limitación articular. (26)

CONCLUSIONES

- En las fracturas expuestas por proyectil de arma de fuego de alta velocidad los más afectados por este tipo de lesión son los jóvenes, muy frecuentes en su gran mayoría por heridas que se dan en los miembros inferiores sobre todo en el medio militar, también ocurren en la vida civil y víctimas de terrorismo.
- La balística estudia a las armas de fuego como dispositivos a propulsar uno o varios proyectiles en donde la velocidad probablemente sea el factor más importante en la evaluación de una lesión por arma de fuego, ya que es la que determina la trayectoria del proyectil, a mayor velocidad la trayectoria es más recta y si la distancia es corta el proyectil mantiene prácticamente toda su energía.
- Para el manejo de estas lesiones, la limpieza quirúrgica se debe dar dentro de las primeras horas, porque es de vital importancia para evitar complicaciones sobre todo la infección.
- Se pueden utilizar diversos medios de estabilización y el pronóstico de consolidación ósea depende del patrón de fractura y su localización, teniendo mejor pronóstico las extracapsulares.
- La fijación externa es el medio de inmovilización más apropiado y de buen resultado para la estabilización de las fracturas expuestas.
- En este trabajo se logró recopilar datos de diversos libros y artículos que se han realizado en los últimos años donde vemos que el tratamiento fisioterapéutico se debe empezar de inmediato, siempre respetando el tiempo de cicatrización natural, podemos ver la efectividad del tratamiento, demostrándole al paciente una pronta recuperación, ya que, estos muchas veces quedan con temor después de esta lesión.

BIBLIOGRAFÍA

1. García-Valadez LR, Hernández-Téllez IE, Castellanos-Velazco CA, Ibáñez-Guerrero O, Palmieri- Bouchan RB. Epidemiología de las heridas por proyectil de arma de fuego en el Hospital Central Militar de México. Rev Sanid Milit Mex 2015; 69:204-217.
2. María Paula Cabrera Méndez a, *, Andrés Felipe Ramírez b, Saith Troughon Jiménez a, Alberto Rojas Vargas c, Aida García Gómez d y Jairo Villa Bandera c. Flora bacteriana en fracturas abiertas de grado III ocasionadas por traumatismo de guerra. Rev Colomb Ortop Traumatol. 2018;32(1):38-42.
3. Organización Mundial de la Salud. Primer informe de la OMS sobre prevención del suicidio. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/suicide-prevention-report/es/>. Consultado: 4 de septiembre de 2014.
4. García Cañas R., Orellana Gómez-Rico JA., Navarro Suay R., Huecas Martínez M., Martínez Roldán M., Areta Jiménez FJ. Fractura femoral abierta por arma de fuego en militar: a propósito de un caso y revisión de la literatura. Sanidad mil. 2017; 73 (1):24-27, ISSN: 1887-8571.
5. José Canseco Cavazos, Jorge Palacios-Zertuche, Francisco Reyna-Sepúlveda, Neri Álvarez-Villalobos, Louisiana Alatorre-López y Gerardo Muñoz-Maldonado. Epidemiología de las lesiones por proyectil de arma de fuego en el Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Cirugía y Cirujanos. 2017;85(1):41-48.
6. Brito-Núñez Nafxiel Jesús; Brito-Núñez Jesús David. Neumoencéfalo por proyectil de arma de fuego. Pneumocephalus by firearm projectile. Rev Cient Cienc Med 2017; 20(1): 49-50.
7. Diego Esteban Palacios Vivar, José Ernesto Miranda Villasana, Angélica Shadai Calderón Lumbreras. Herida facial por proyectil de arma de fuego: revisión de

literatura y estudio clínico de tres casos. Gunshot caused facial wound. Literature review and clinical study of three cases. Revista Odontológica Mexicana 2017;21 (2): 127-134.

8. Cael, Christy. Anatomía Funcional: estructura, función y palpación del aparato locomotor para terapeutas manuales. 1ª ed. Buenos Aires: Médica Panamericana, p.3-5, 29-30,39-41,54-55. 2013.
9. Gerard J.Tortora, Bryan Derrickson. Principios de Anatomía y Fisiología.13ª ed. Madrid – España: Médica Panamericana, p. 183-186. 2013.
10. A. Viladot Voegeli y J.C. Lorenzo Roldán, colaboradores. Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor.p. 48- 49. 2001.
11. José H. Pabón. Consulta práctica Clínica –Médicas 2º Edición. 2016.
12. Francisco Forriol Campos. Manual de cirugía ortopédica y traumatología. 2º edición 132. 2010.
13. Orrego y Morán. Ortopedia y Traumatología Básica. Santiago. p. 33. Julio 2014.
14. A. Combalía Aleu, S. García Ramiro, J.M. Segur Vilalta y R. Ramón Soler. El médico en las situaciones urgentes. Fracturas abiertas (I): evaluación inicial y clasificación. Medicina Integral, Vol. 35, Núm. 2, p. 43-50. Enero 2000.
15. J. Octavio Ruiz Speare. Heridas por proyectil de armas de fuego. Primera edición. p. 21- 33. 2007.
16. Jorge Arturo Aviña Valencia, Leticia Calzada Prado, and Graciela Gallardo García. Control de daños en el trauma de alta energía. p. 323- 347. 2012.
17. Drs. Gabriel García P., Fernanda Deichler V., Esteban Torres E. Lesiones por armas de fuego desde la perspectiva médico-criminalística. Rev. Chilena de Cirugía. Vol 63 - Nº 3, p. 327-331. Junio 2011.

18. Instituto Nacional de Gestión Sanitaria. Protocolos Clínico Terapéuticos en Urgencias Extrahospitalarias. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. p. 62- 66. Sanidad 2013.
19. Ramiro Palafox Vega. Fundamentos en la práctica de autopsia y medicina legal. Primera edición. p. 126. 2013.
20. A. Sibón Olano, P. Martínez -García y E. Santiago Romero. Herida por arma de fuego. Cuadernos de Medicina Forense N° 31 - Enero 2003.
21. Juan Carlos Pradere Pensado, Alberto García Gómez, Froilán Padrón Valdés, Juan Luis Coca Machado. Paciente con lesiones por balística terminal. Revista Cubana de Cirugía.2016; 55(1):74-84.
22. Martín Tejeda-Barreras. Heridas de arma de fuego en la columna vertebral. Ortho-tips. Vol. 7 Nos. 3-4. p. 155-161.2011.
23. Atiaja Bonifas, Adriana Rosalia. Implementación de un sistema de evaluación fisioterapéutica en el tratamiento de rehabilitación física de pacientes con patologías traumatológicas que acuden al área de rehabilitación física del club de leones de la ciudad de Ambato en el período marzo – agosto 2012. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato; mayo 2013.
24. Stanley Hoppenfeld & Vasantha L. Murthy. Fracturas tratamiento y rehabilitación. 2004.
25. M. Lacote, A.-M. Chevalier, A. Miranda, J.-P. Bleton, P. Stevenin. Valoración de la función muscular normal y patológica.p. 125. 1984.
26. Dr. Tomas S. Nakazato Nakamie, Lic. Roberto Alarcón Salvador. Rehabilitación en Traumatología y Ortopedia.p.198-202. 2007.

27. J. Timoner Aguilera. Exploración y pruebas complementarias en atención primaria. Semergen 2002; 28(10):573-82.
28. J.A. Fernández, Valencia Laborde, G. Bori Tuneu. Fracturas abiertas: evaluación, clasificación y tratamiento. Septiembre 2004: 57-64.
29. F. Ruiz Santiago, V. González Siebert. Aplicaciones de la Tomografía Computarizada Multidetector en patología traumática de las extremidades. Radiología. 2011; 53(1):70-77.
30. A. Amador Gil * y S. Rico Gala. Radiología de las fracturas: algo más que un trazo. Radiología. 2013;55(3):215-224.
31. Christophe Beney, Dr. Julio Luis Guibert Vidal. Guía para el manejo médico-quirúrgico de heridos en situación de conflicto armado.p.108 .2011.
32. David J. Dandy and Dennis J. Edwards. Ortopedia y Traumatología. 5ta edición. p. 94-95. 2011.
33. Alfredo Martínez Rondanelli, Jochen Gerstner Bruns. Conceptos en Traumatología y Ortopedia. Tercera edición. p. 111-121. 2014.

ANEXOS

ANEXO 1: ANATOMIA Y BIOMECANICA

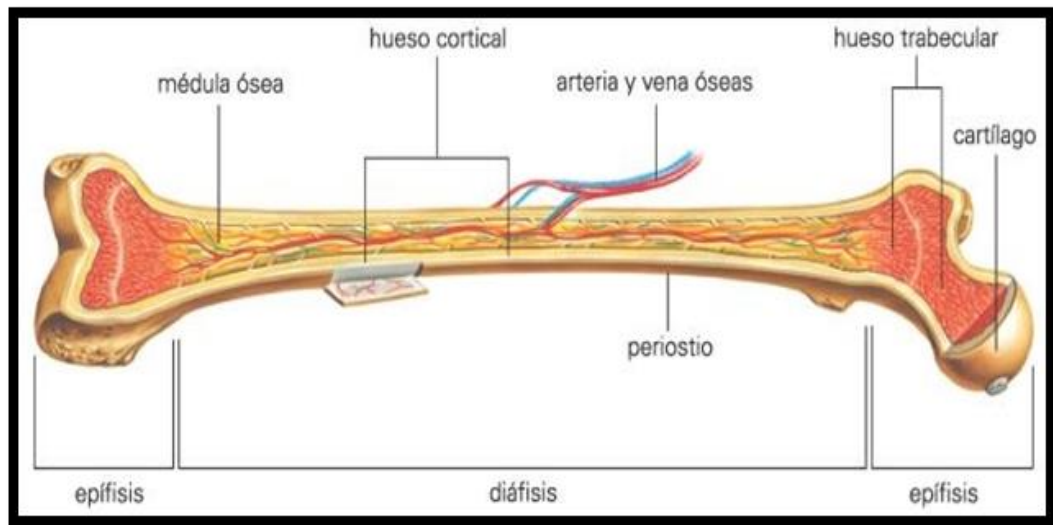


Fig. 1. Estructura del hueso.

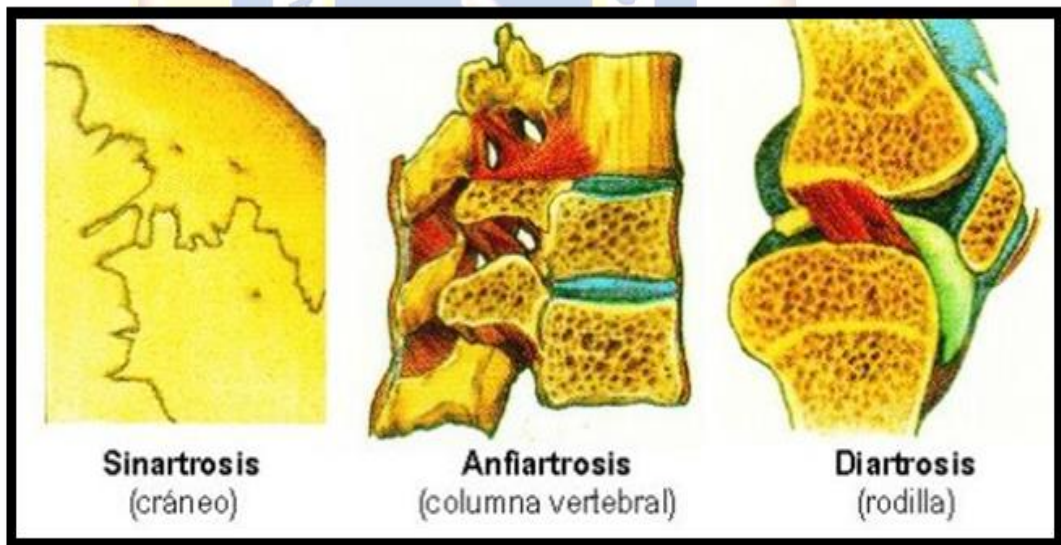


Fig.2. Función articular: 3 categorías (Sinartrosis, anfiartrosis y diartrosis).

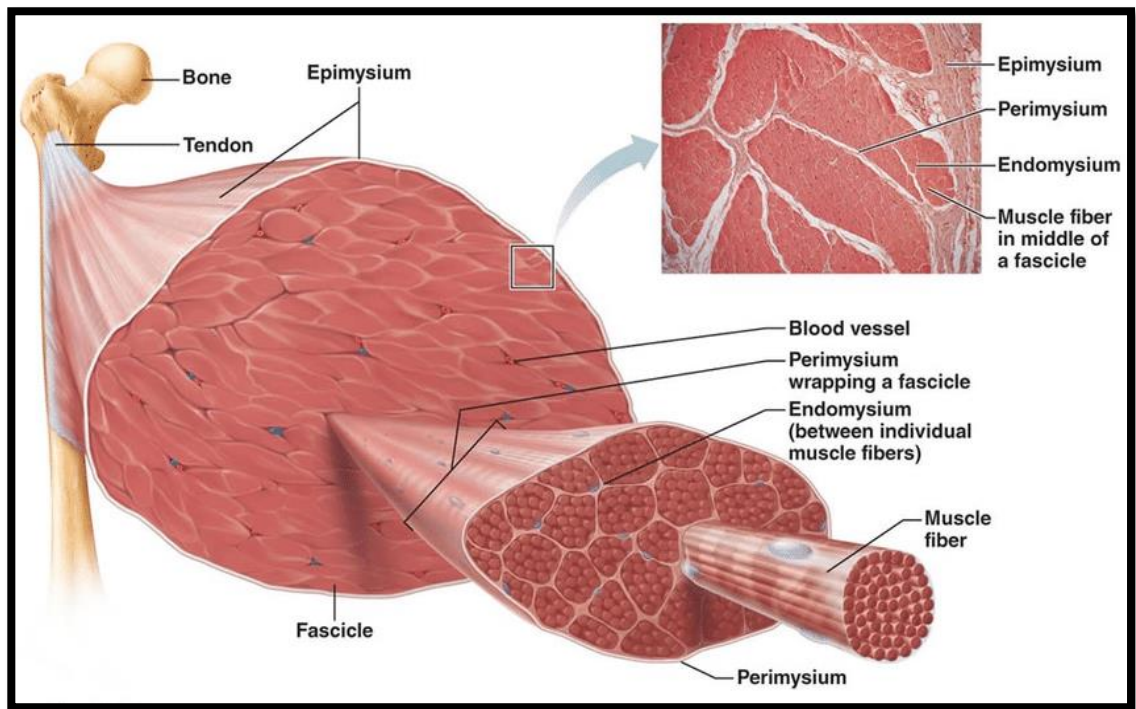


Fig.3. Estructura muscular: Anatomía macroscópica.

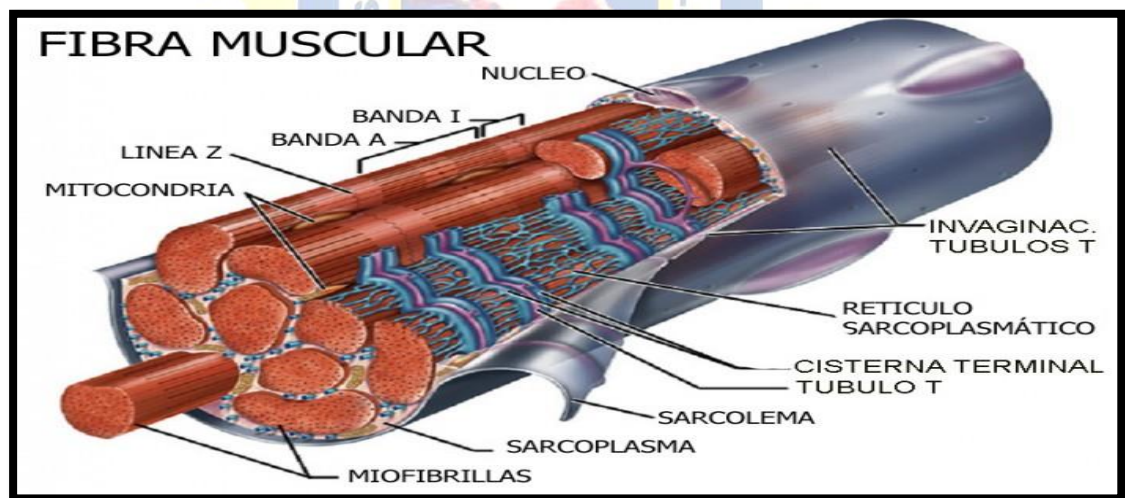


Fig.4. Estructura muscular: Anatomía microscópica.

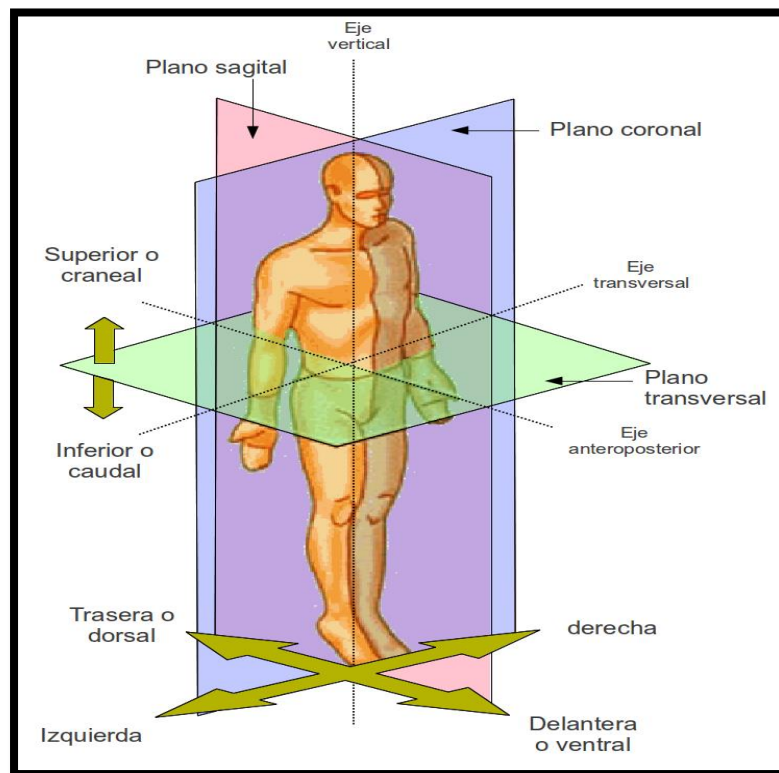


Fig.5. Planos y ejes.

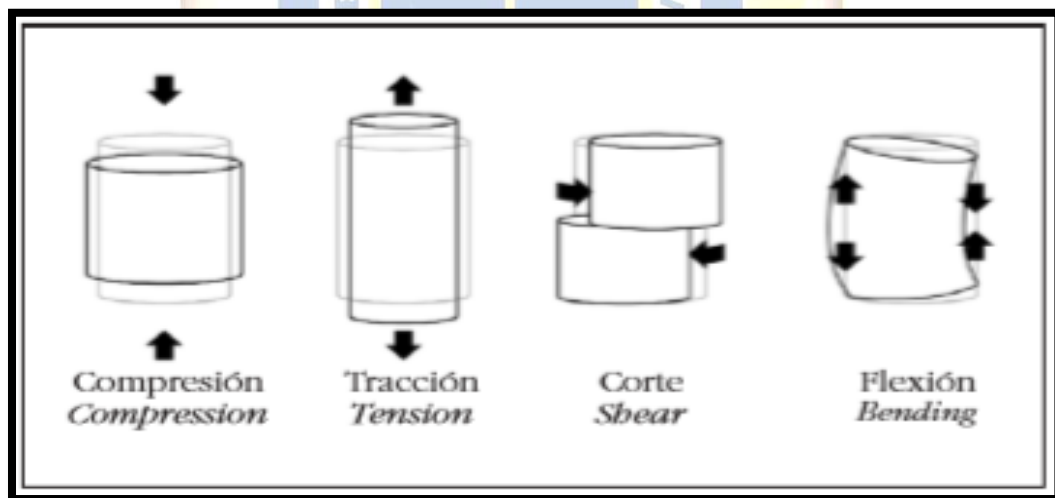


Fig.6. Distintos tipos de fuerza a los que puede someterse un hueso.

ANEXO 2: FISIOPATOLOGIA

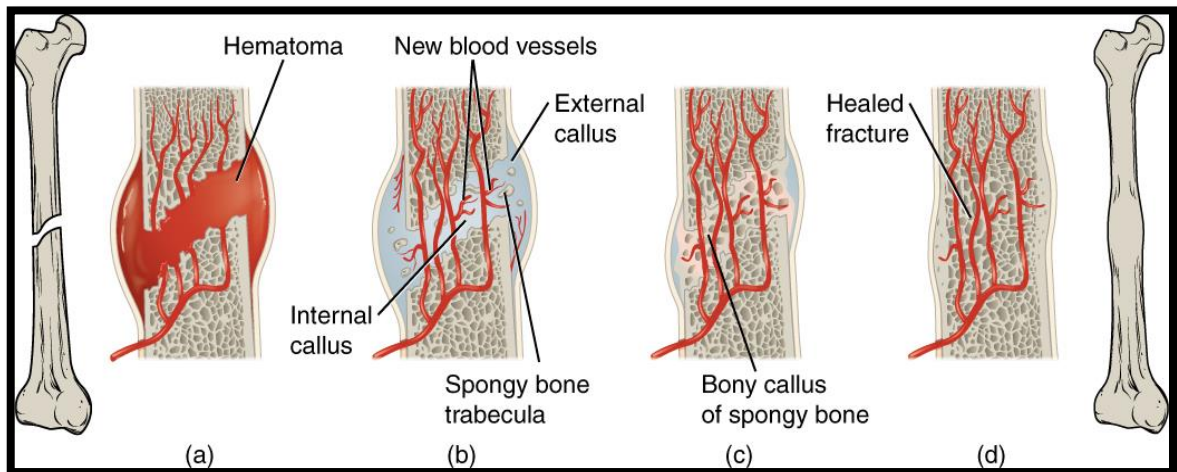


Fig.7. Fases de la consolidación de una fractura.

TIPO	DEFINICIÓN
I	Fuerzas de baja energía que causan un patrón de fractura espiral u oblicuo con laceraciones cutáneas < 2cm y una herida relativamente limpia.
II	Fuerzas de energía moderada que causan un patrón de fractura conminuta o desplazada con laceraciones cutáneas < 2cm y una contusión moderada de la piel y músculo adyacentes, pero sin músculo desvitalizado.
III	Fuerzas de alta energía que causan un patrón de fractura con desplazamiento importante, con fragmentación grave, fractura segmentaria o defecto óseo, con una pérdida de piel asociada amplia y músculo desvitalizado.
IV	Patrón de fractura como en el tipo III, pero con fuerzas de energía extremas, como en las heridas por arma de fuego de alta velocidad o por perdigones; antecedentes de aplastamiento o inversión del tejido, o lesión vascular asociada que requiere reparación.

Tabla 1. Clasificación de las fracturas abiertas de tibia según Byrd et al (1981).

Tipo	Mecanismo	Energía	Herida	Contaminación (riesgo infección)	Daño tejidos blandos	Rasgo	Cobertura por tejidos blandos	Riesgo de infección o pronóstico
Tipo 1	Indirecto	Baja	< 1cm	Mínima (0-2%)	Mínimo	Simple		
Tipo 2	Directa	Moderada	1-5cm	Moderada (2-7%)	Moderado, con daño muscular	Simple o poca conminución		
Tipo 3*	Directa	Alta	>5cm	Alta	Aplastamiento	Conminuto, desplazada		>50% se infecta
3 A				(7-10%)		Conminuto, desplazada	Bien cubierta	
3 B				(10-25%)	Denudación perióstica y exposición ósea	Conminuto, desplazada	Requiere injertos/colgajos	
3 C				(25-50%)	Lesión arterial que requiere reparación quirúrgica	Conminuto, desplazada		Más del 50% termina con amputación
*También se consideran tipo 3 de forma inmediata las lesiones por: accidente agrícola, arma de fuego, sucedidas en catástrofes naturales, heridas de guerra, fractura segmentaria, amputación traumática, compromiso neurovascular y aquellas de más de 6-8 horas de evolución.								

Tabla 2. Clasificación de las fracturas abierta Gustilo-Anderson.

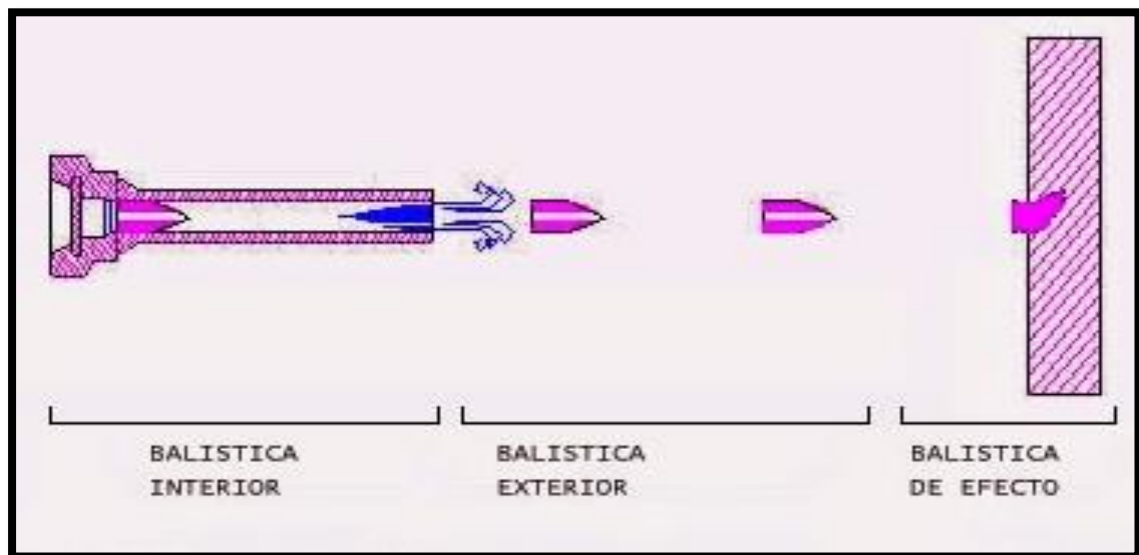


Fig.8. Tres fases de la balística.

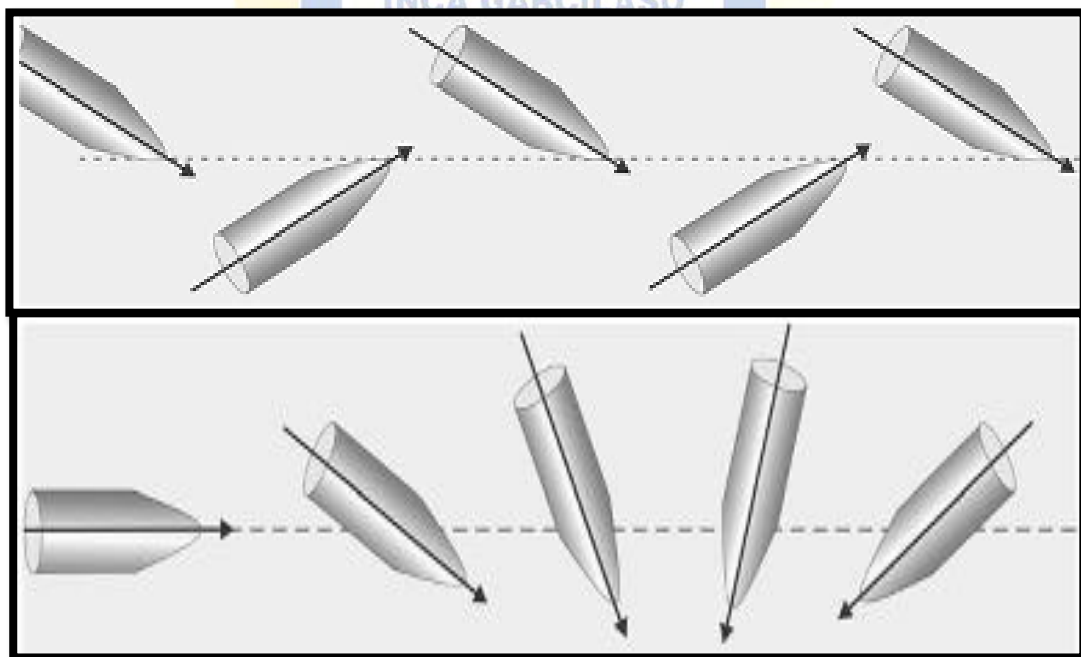


Fig.9. Propiedades balísticas de proyectiles de alta velocidad (3000 pies/seg).

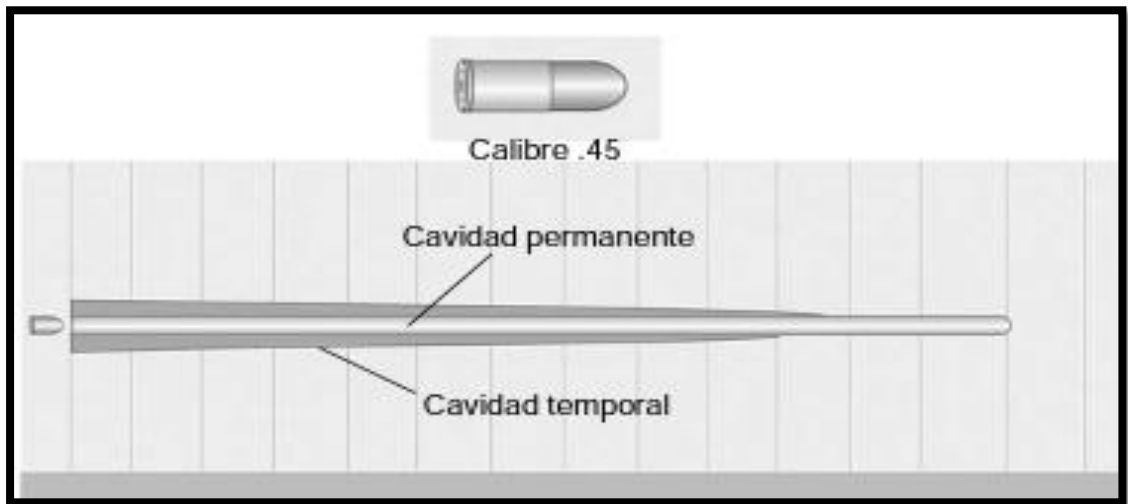


Fig. 10. Diagrama de una herida causada por un proyectil calibre 45 (baja velocidad).

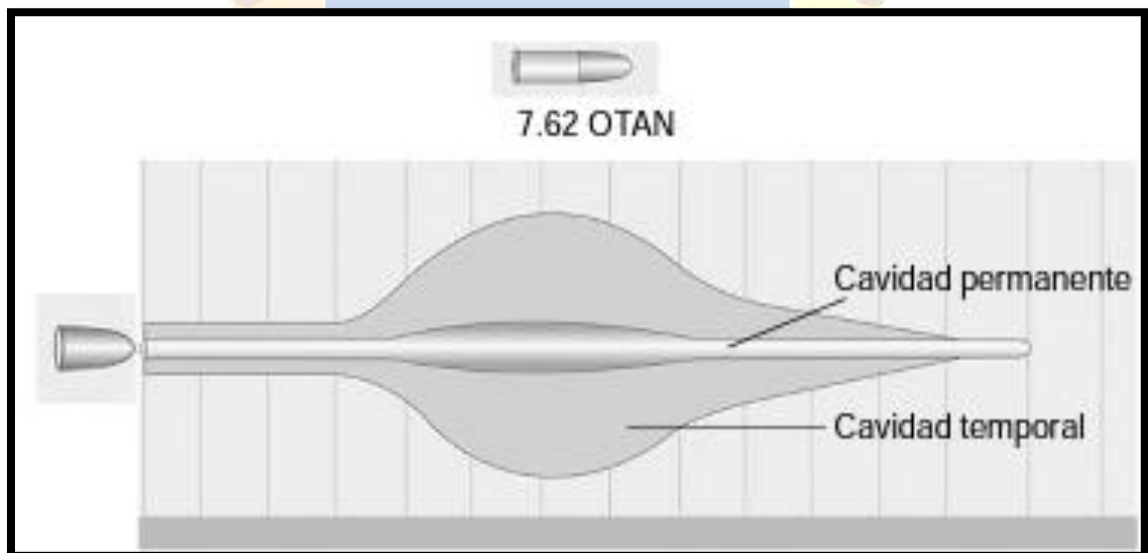


Fig. 11. Diagrama de una herida causada por un proyectil calibre 7.62 mm (OTAN; alta velocidad).



Fig. 12. Por su alcance y longitud del cañón: Armas cortas: revolver, pistolas. Armas largas: carabina, fusil, escopeta y rifle.

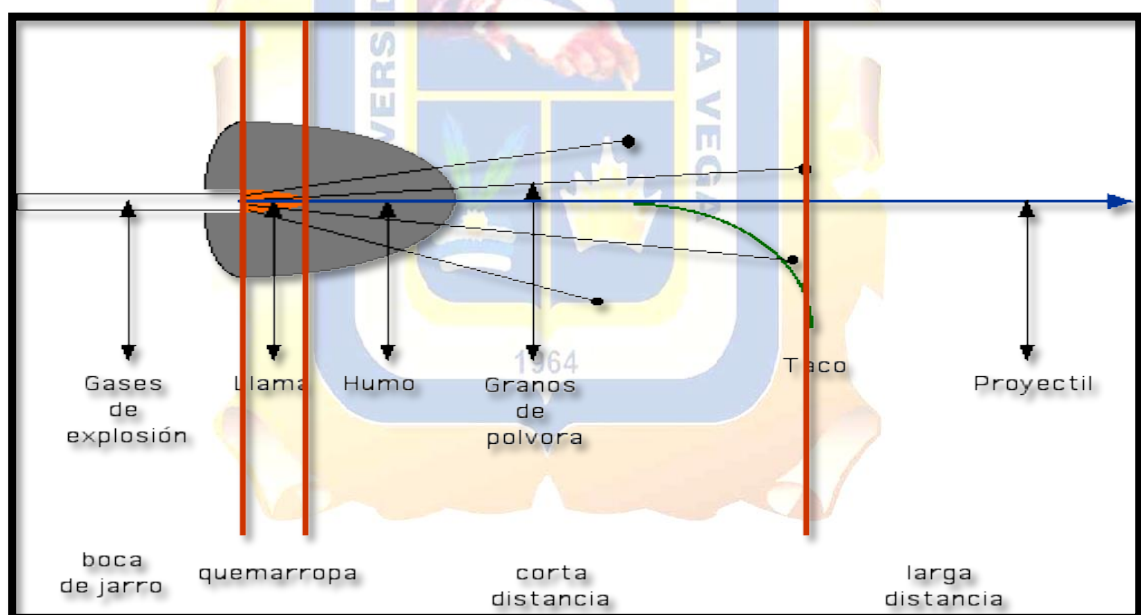


Fig.13. Elementos que integran el disparo.

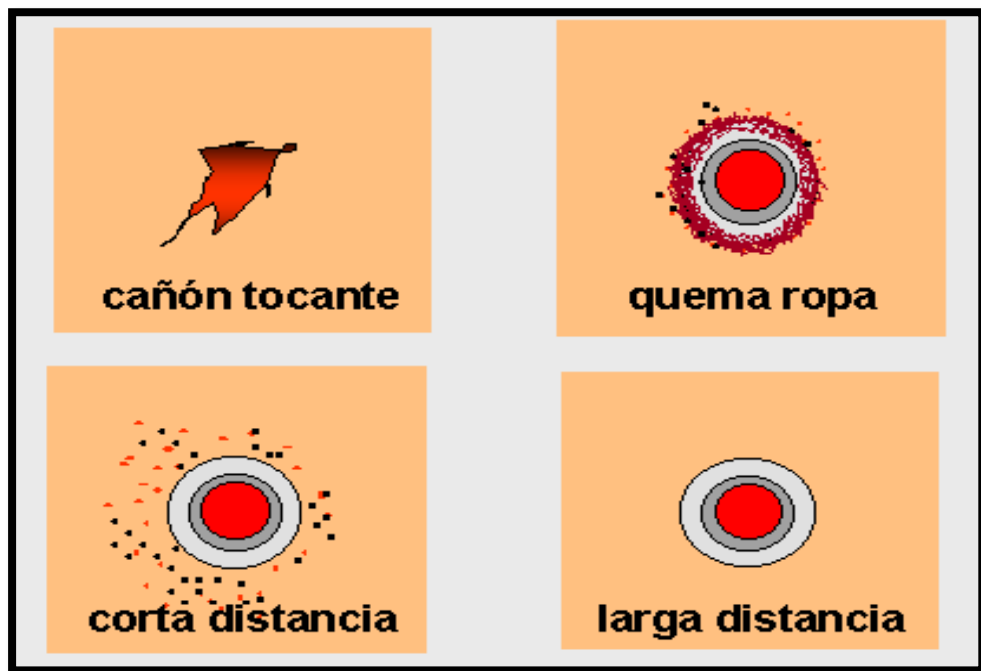


Fig. 14. Distancia del disparo.

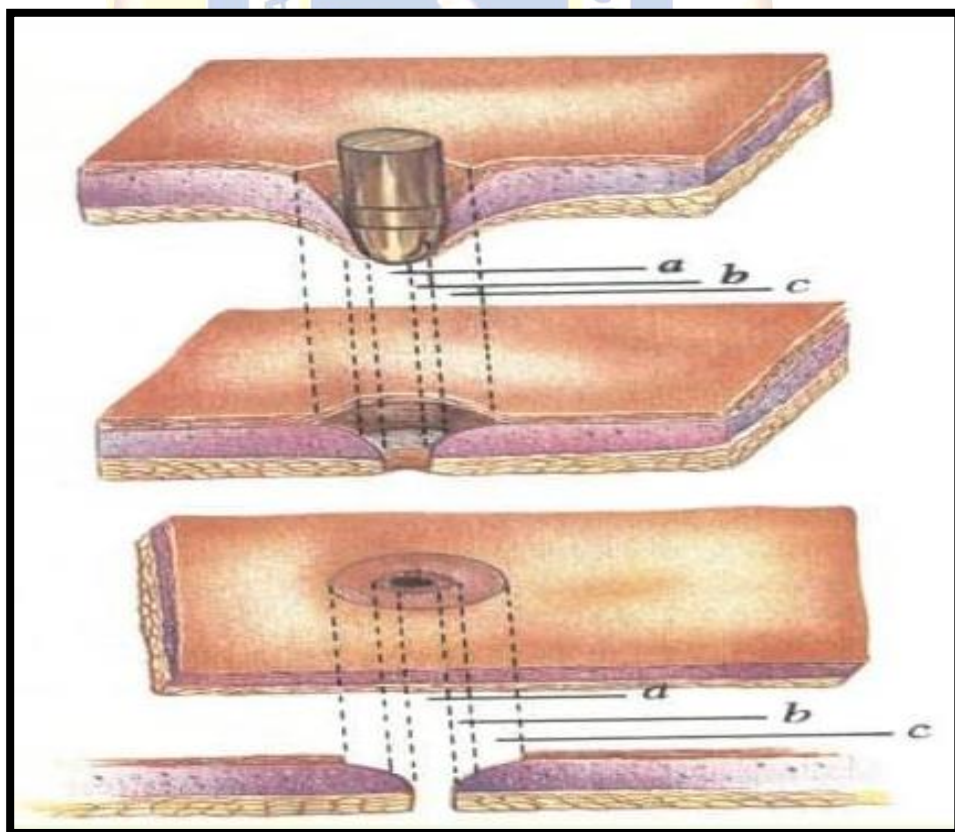


Fig. 15. Heridas por proyectil de arma de fuego.



Fig. 16. Orificios de entrada y salida provocado por arma de fuego.

	Orificio de entrada	Orificio de salida
Orificio	Regular	Irregular
Quemadura	Siempre	No
Anillo excoriativo	Siempre	No
Tatuaje	Ocasional	No
Ahumamiento	Si	No
Bordes	Regulares	Irregulares
Diámetro	Menor	Mayor
Marca del cañón	Ocasional	No

Tabla 3. Diferencias entre orificios de entrada y salida.

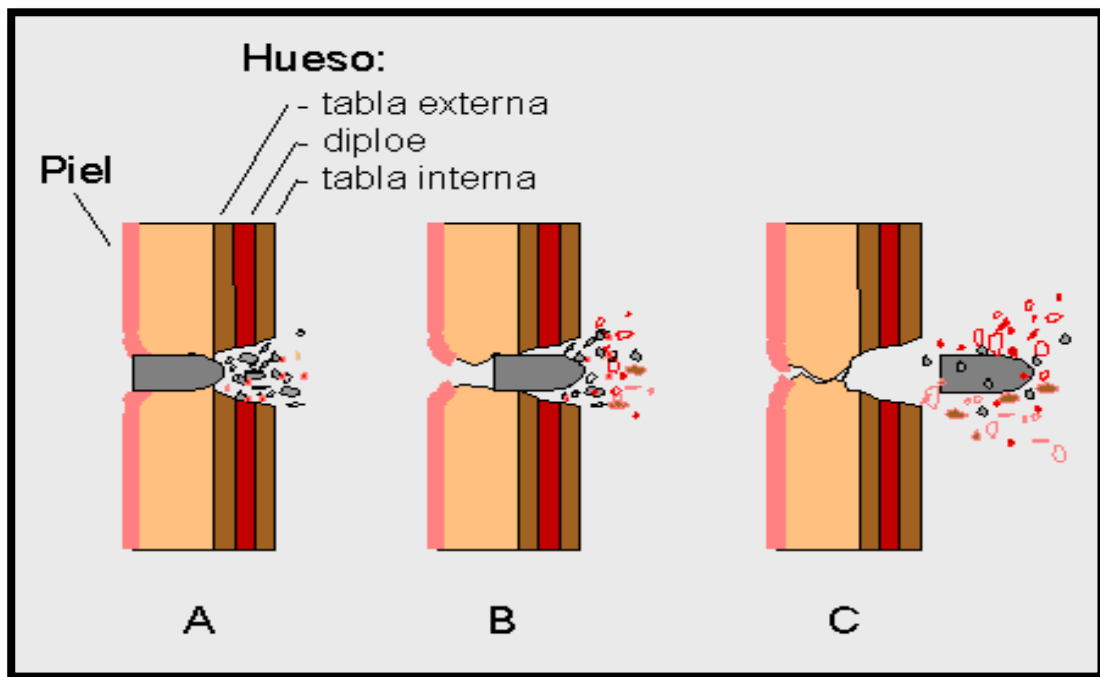
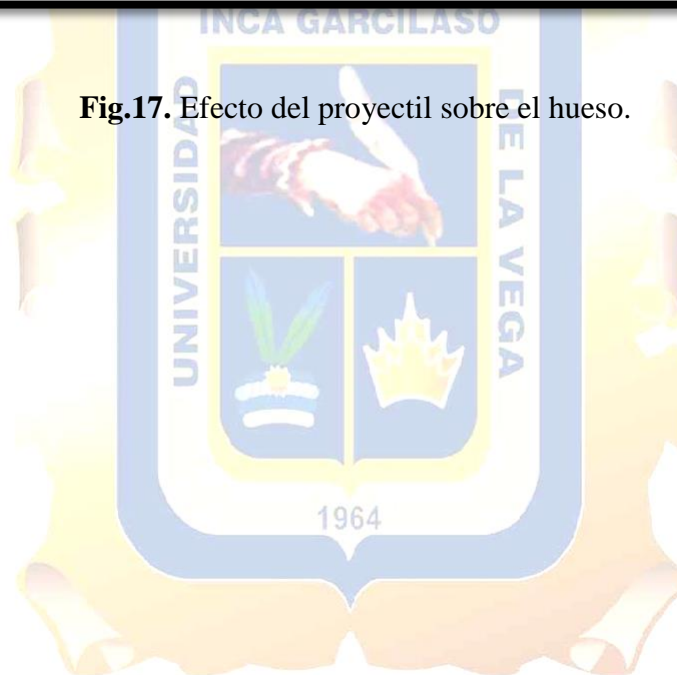


Fig.17. Efecto del proyectil sobre el hueso.



ANEXO 3: EVALUACIÓN



Fig. 18. Rango de movilidad de flexión de rodilla.



Fig.19. Evaluación del patrón normal de la marcha.

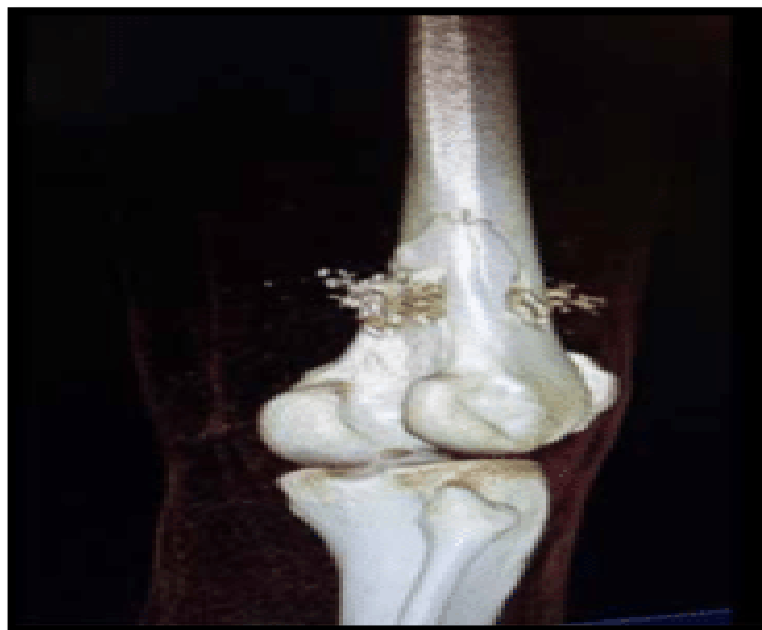


Fig.20. Tomografía Computarizada Multidetector: Reconstrucción 3D-TAC de fractura de fémur derecho.



ANEXO 4: TRATAMIENTO



Fig. 21. Fijador externo en la diáfisis de la tibia.



Fig. 22. Movilización activa asistido de tobillo y pie.



Fig.23. Movilizaciones verticales y horizontales de rótula.

